

THÈSE DE
PARIS.
1889
N^o. 123.

N^o 117

DRE

656

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

FRÉD. WALLERANT

1^{re} THÈSE. — ÉTUDE GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION DES MAURES ET DE
L'ESTÉREL.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 14^{juin} devant la commission d'examen.

MM. HÉBERT. *Président.*
DELAGE. }
BONNIER. } *Examineurs.*

RENNES—PARIS

TYPOGRAPHIE OBERTHUR

—
1889

THÈSES

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

SÉRIE A, N° 117

N° D'ORDRE

656

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

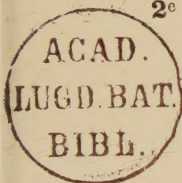
LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

FRÉD. WALLERANT

1^{re} THÈSE. — ÉTUDE GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION DES MAURES ET DE L'ESTÉREL.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.



Soutenues le *14 Juin* devant la commission d'examen.

MM. HÉBERT. *Président.*
DELAGE. }
BONNIER } *Examineurs.*

RENNES—PARIS

TYPOGRAPHIE OBERTHUR

1889

ACADÉMIE DE PARIS

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

MM.

Doyen.	HÉBERT, Professeur . . .	Géologie.
Professeurs honoraires.	{	PASTEUR.
		DUCHARTRE.
Professeurs.	{	DE LACAZE-DUTHIERS . . . Zoologie, Anatomie, Physiologie comparée.
		HERMITE Algèbre supérieure.
		TROOST. Chimie.
		FRIEDEL Chimie organique.
		OSSIAN BONNET Astronomie.
		DARBOUX. Géométrie supérieure.
		TISSERAND Astronomie.
		LIPPMANN Physique.
		HAUTEFEUILLE. Minéralogie.
		BOUTY Physique.
		APPELL. Mécanique rationnelle.
		DUCLAUX. Chimie biologique.
		BOUSSINESQ Mécanique physique et expérimentale.
		PICARD. Calcul différentiel et calcul intégral.
		POINCARRÉ. Calcul des probabilités et Physique mathématique.
		Y. DELAGE Zoologie, Anatomie, Physiologie comparée.
		BONNIER Botanique.
		DASTRE. Physiologie.
		DITTE. Chimie.
Professeurs adjoints.	{	WOLF Physique céleste.
		CHATIN. Zoologie, Anatomie, Physiologie comparée.
Secrétaire.	{	JOLY Chimie.
		PHILIPPON.

A

M. MUNIER-CHALMAS

MAITRE DE CONFÉRENCES

A L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE

Témoignage de reconnaissance.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547901_0009

PRÉFACE

Au point de vue géologique, peu de régions en France se distinguent aussi nettement des régions voisines que la partie sud du département du Var. Les soulèvements qui ont affecté le pays dès l'époque cambrienne ont refoulé les mers; quelques dépôts appartenant au houiller supérieur ont pu, il est vrai, s'y former et les Maures elles-mêmes limitaient la mer permienne, mais les dépôts sédimentaires n'entrent que pour une faible part dans la constitution du sol principalement formé par les roches cristallophylliennes et les roches éruptives. Tout autour au contraire les mers secondaires ont abandonné d'épais dépôts dont la couleur blanche tranche très vivement sur les couleurs foncées des Maures et de l'Estérel. La région ne comprenant que des roches primitives ou primaires est délimitée par une falaise taillée dans les assises secondaires. La composition cristalline des roches en avait rendu l'étude impraticable, et les travaux qui ont été publiés à leur sujet ne se trouvaient plus au niveau des connaissances scientifiques actuelles. Ces dernières années seulement, MM. Potier, Bertrand, Zurcher ont publié les cartes géologiques détaillées comprenant le département du Var. Leurs cartes sont accompagnées d'une notice explicative; mais l'espace

restreint que comporte cette notice ne permettait pas à ces géologues d'y donner une description suffisante des roches et terrains dont ils avaient établi les contours. On ne s'étonnera donc pas que sur les conseils de M. Munier-Chalmas nous ayons entrepris l'étude des roches tant sédimentaires qu'éruptives constituant les Maures et l'Estérel.

Par suite des développements que comporte aujourd'hui l'étude complète d'une roche cristalline, nous eûmes à résoudre des difficultés d'ordres bien différents. Heureusement M. Fouqué pour les questions pétrographiques, M. Munier-Chalmas pour les questions stratigraphiques nous ont guidé de leurs conseils avec la plus grande bienveillance. Qu'ils nous permettent de leur adresser nos plus vifs remerciements.

INTRODUCTION

DESCRIPTION GÉOGRAPHIQUE & OROGRAPHIQUE

DES MAURES ET DE L'ESTÉREL

De nombreuses variétés de roches cristallines s'observent dans le sud de la Provence. On y rencontre simultanément les roches de la série cristallophyllienne, les roches éruptives de la série ancienne et les roches de la série moderne. Ces trois sortes de roches sont réunies dans une région assez restreinte, dite région des Maures et de l'Estérel; mais en outre les roches modernes ont formé des coulées isolées au milieu de la Provence.

Ces dernières ont un grand intérêt : se faisant jour au milieu d'une série sédimentaire suffisamment complète, leur âge peut être déterminé d'une façon précise. Mais, par leur isolement et le peu d'importance des coulées, ces roches entrent pour une trop faible part dans la constitution du sol, pour nécessiter la description de la région. Seule la région des Maures et de l'Estérel demande une description assez détaillée.

Délimitation de la région.

La région des Maures et de l'Estérel est approximativement comprise à l'intérieur d'un cercle passant par Toulon, Solliès-Pont, Cuers, Pignans, le Luc, la Motte, Saint-Paul au nord de Bagnols, contournant Auribeau de façon à le laisser au sud, et venant rejoindre la mer à Cannes.

Le cercle suit la limite du trias, qui forme une falaise ayant son regard dirigé vers le centre, et qui s'incline en pente douce, quand on s'éloigne de ce centre.

Disposition des chaînes de collines.

Les collines de la région sont à peu près dirigées suivant certains rayons du cercle ; c'est ainsi qu'en s'éloignant du centre, on rencontre, successivement alignées suivant un rayon, les îles du Levant, de Port-Cros, de Porquerolles, et la presqu'île de Giens, qui sont les sommets émergés d'une même chaîne.

De cette disposition des collines résulte, par cela même, une disposition identique des cours d'eau venant se jeter dans la mer, leurs affluents étant dirigés tangentielllement ; tels sont la Molle, venant déboucher au fond du golfe de Grimaud, l'Argens dirigée radialement jusqu'au Muy et se continuant dans la même direction par la Naturby, le Reyran passant par Fréjus, la Siagne dont l'embouchure est située entre la Napoule et Cannes.

Division de la région.

Au point de vue géographique, cette région se partage en trois parties : la région des Maures, la montagne de l'Estérel et le massif de Tanneron ; au point de vue géologique, ce dernier n'est qu'un prolongement des Maures dont il fut séparé par le soulèvement de l'Estérel.

La région des Maures la plus importante comme étendue, occupe la partie située au sud-ouest de l'Argens, prolongé par la Naturby. La région de la montagne de l'Estérel, nettement séparée des Maures au sud-ouest par les deux rivières indiquées plus haut, ne se distingue qu'assez difficilement du massif de Tanneron. On peut cependant prendre pour limite une ligne suivant d'abord la rivière l'Argentière, pour se prolonger par Bagnols et Figanières.

Inclinaison des couches.

Prise dans son ensemble, la région des Maures et de l'Estérel, présente une inclinaison suivant les rayons du cercle qui la limite extérieurement; les couches s'abaissent lentement quand on s'éloigne du rivage suivant ces rayons. En outre la région a participé au mouvement général de la partie sud de la Provence, mouvement exhaussant la partie est relativement à la partie ouest. Suivant le rayon allant du centre à l'ouest, c'est-à-dire traversant les Maures, les deux mouvements se sont combinés et la différence de niveau entre la partie est et la partie ouest est beaucoup plus sensible que suivant tout autre rayon; en outre, c'est suivant ce rayon que le sol émerge suivant la plus grande longueur. Au contraire, suivant le rayon allant du centre au nord-est et traversant le massif de Tanneron, les mouvements se sont en partie annulés : et suivant ce rayon la différence de niveau est plus faible et la longueur émergée la plus petite.

Description géographique des Maures.

La région des Maures limitée au nord-est par le cours inférieur de l'Argens et par la Naturby, comprend les montagnes des Maures, entourées de tous côtés par une ceinture de grès et schistes rouges permien. Dans ces grès et schistes, se sont creusées, à l'est la vallée de l'Argens, à l'ouest la vallée du Gapeau.

Ces vallées sont naturellement de largeur très variable. Entre Pignans et Gonfaron, point où se fait la séparation des eaux, entre l'Argens et le Gapeau, la ceinture de grès permien a environ un kilomètre de large; au contraire, au niveau du Luc, la vallée de l'Argens s'élargit beaucoup et les Maures présentent suivant le rayon aboutissant au Luc leur minimum de largeur.

Ces deux vallées sont bien des vallées d'érosion : elles sont, en effet, limitées du côté du continent par une falaise formée

à la base par les couches du permien, à la partie supérieure par les couches du trias. Ces couches étant à peine inclinées vers l'intérieur du continent, la différence de niveau n'est pas due à un soulèvement, mais à une érosion produite probablement par les eaux venant des montagnes des Maures. Il en résulte que ces vallées présentant aujourd'hui un fond permien étaient autrefois recouvertes par le trias qui, devait venir se terminer en biseau sinon contre les Maures, du moins très près de ces montagnes.

COUPES DE LA VALLÉE.

FIG. 1.

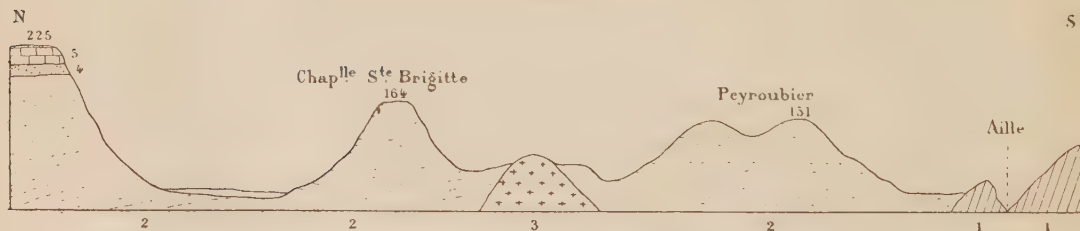


Coupe de Gonfaron à la Valtaillette.

Échelle = $\frac{1}{50000}$

1. Phyllades — 2. Permien — 3. Grès bigarrés — 4. Muschelkalk.

FIG. 2.



Coupe passant à l'ouest de Vidauban.

Échelles : longueurs = $\frac{1}{50000}$; hauteurs = $\frac{1}{10000}$

1. Micaschistes — 2. Permien — 3. Porphyre — 4. Grès bigarrés — 5. Muschelkalk.

Les montagnes des Maures, comme nous l'avons déjà dit, ont subi leur soulèvement maximum suivant une ligne à peu près parallèle à la partie de leurs rivages regardant l'est; elles

s'abaissent à partir de cette ligne quand on se dirige suivant une direction variant entre l'ouest et le nord-ouest. Ce fait est mis en évidence non seulement par la disposition des différentes couches géologiques, mais aussi par les sondages sous-marins effectués le long du rivage sud.

Si, en effet, avec M. de Villeneuve, on suit la ligne sans fond, c'est-à-dire la ligne tracée à 267 mètres au-dessous du niveau de la mer, on s'écarte en face de la Ciotat de 49 kilomètres du rivage, en face de Toulon de 6 kilomètres 5, au niveau de Bormes de 3 kilomètres 5 et au niveau du cap Lardier de 0 kilomètre 9. Nous voyons donc que la côte devient de plus en plus abrupte, quand partant de Toulon on se rapproche suivant un rayon du cap Lardier.

La disposition des chaînes de collines des Maures est en relation immédiate avec l'existence du golfe de Grimaud, résultat d'une forte dépression. Ces chaînes de collines partent sensiblement des bords de ce golfe pour diverger dans tous les sens en se ramifiant à mesure qu'elles se rapprochent de la limite extérieure du massif. Comme on le voit sur la carte ci-jointe (Pl. IX), on peut distinguer six chaînes de collines plus grandes et trois d'importance moindre. La première comprend le récif de l'Esquillade, les îles du Levant, de Port-Cros, de Bagneau, de Porquerolles et la presqu'île de Giens qui, pour nous, est une île, puisqu'elle n'est réunie à la terre ferme que par un banc de sable.

La seconde suit toutes les sinuosités de la côte sud, partant du cap Camarat, elle contourne la rade de Cavalaire de façon à laisser Ramatuelle à l'est, passe par Gassin, les Pradels, son point culminant (524 mètres), le Fenouiller, la Colle, Notre-Dame-de-Bormes, en laissant Bormes au sud; puis s'inclinant vers le sud-est, de façon à contourner la rade de Bormes, elle vient se terminer au cap Bénat; sa direction générale est le sud-ouest, avec une légère inclinaison vers l'ouest-sud.

La troisième chaîne de collines sépare les bassins de la Verne et de la Molle. Elle part du village de la Molle situé au confluent des deux rivières, passe par l'hermitage de la Verne, le Boussi-

cault, point le plus élevé (640 mètres), le Roc-Rigaud, où elle se divise en deux branches; l'une continuant à marcher de l'est à l'ouest, limite au sud le bassin du Collobrière et vient se terminer au sud de Pierrefeu; l'autre, s'inclinant légèrement vers le sud, et aboutit à une colline dirigée d'est-nord au sud, et d'où partent plusieurs collines allant de l'est à l'ouest.

La quatrième chaîne se dirige comme la précédente, de l'est à l'ouest; mais elle présente en outre une légère inclinaison vers l'ouest-nord. Partant de Cogolin, elle suit d'abord la rive gauche de la Molle, puis se dirige vers l'ouest-nord, en limitant le bassin de la Verne. Cette chaîne se distingue des précédentes en ce que, à partir de la Molle, elle est couronnée par un plateau s'élargissant de plus en plus jusqu'au Trepas où il est limité par une chaîne allant du nord au sud, présentant à l'ouest un versant abrupt qui limite à l'est le vallon au fond duquel se trouve la petite ville de Collobrière. Puis la chaîne se continue vers l'ouest-nord, en passant par la Sauvette, Notre-Dame des-Ange, les points les plus élevés des Maures (779 mètres); puis la chaîne se ramifie en deux autres chaînes, l'une venant se terminer en face de Pignans, l'autre au nord de Pierrefeu.

La cinquième chaîne, moins longue que les précédentes, puisqu'elle est dirigée suivant le plus petit rayon du massif, va du sud-est au nord-ouest; partant à l'ouest de Grimaud, elle passe aux Sinières, aux Roches-Blanches, son point culminant (638 mètres), d'où part la colline aux parois si abruptes qui domine la Garde-Freinet à l'ouest, et vient bientôt se terminer au bord du massif.

La sixième partant du cap des Issambres, à l'est de Sainte-Maxime, se dirige d'abord de l'est à l'ouest de façon à suivre le rivage nord du golfe de Grimaud; puis, arrivée à l'est des Vernades, elle change de direction pour suivre celle du sud-est au nord-ouest, en passant par les Cauvins, les Crottes, la Moure, où elle se divise en trois branches s'étalant en éventail.

Un changement assez brusque se produit dans la direction des collines que l'on rencontre ensuite. Du sud-est au nord-

ouest, leur direction passe brusquement du sud au nord. Sans entrer ici dans l'explication de ce fait, nous pouvons dire cependant que ce changement est dû à la présence d'un massif de granit allant du sud au nord.

La septième chaîne pourrait être considérée comme une ramification de la sixième, car elle part des Crottes; mais sa direction sud-nord lui donne une individualité suffisamment marquée pour l'en distinguer; elle passe par la Colle-Dure, d'où partent les deux chaînons secondaires limitant au nord le bassin de Plan-de-la-Tour, puis par Corandin, et se ramifie en deux chaînons parallèles à la direction sud-nord et se terminant au sud de la ligne joignant les Ares au Muy.

Enfin la dernière chaîne importante, partant de la pointe de Sainte-Aigour, se dirige d'abord de l'est à l'ouest sous l'influence du golfe de Grimaud, puis elle se dirige du sud au nord, arrive au signal de Peigros (328 mètres) où elle se ramifie en chaînons nombreux se terminant au sud de Roquebrune.

Après cette chaîne, on ne trouve plus que quelques chaînes de moindre importance, allant du sud au nord et formant la limite nord-est du massif des Maures.

Description de l'Estérel.

La montagne de l'Estérel est limitée au sud-ouest par l'Argens depuis son embouchure jusqu'au Muy, et à partir de ce point par la Naturby; au nord-est par l'Argentièrre dans la partie inférieure de son cours et par une ligne droite continuant cette rivière en passant par Bagnols et Figanières.

La limite sud-ouest est très nette; l'Estérel, en effet, est une chaîne unique qui, prise dans son ensemble se dirige de l'est-est-sud à l'ouest-ouest-nord, c'est-à-dire à peu près parallèlement au bord nord-est des Maures; en outre le coteau sud-ouest de l'Estérel est en pente très douce. Il en résulte donc une différence de niveau assez brusque entre la région des Maures et celle de l'Estérel. Cette netteté de délimitation n'existe plus

au contraire entre l'Estérel et le massif de Tanneron; car le versant de l'Estérel en contact avec ce massif étant abrupt, les deux régions se trouvent au même niveau. Il est vrai que l'Estérel ne s'étant soulevé qu'après le dépôt du permien, on devait retrouver ce terrain en tous ses points, ce qui délimiterait avec précision les deux régions; mais les eaux en ravinant le permien et mettant à nu les roches cristallophylliennes en bien des points de l'Estérel, ont détruit cette limite, et le massif de Tanneron paraît pénétrer au cœur de l'Estérel.

Il est assez difficile de reconnaître la disposition des collines; elles sont dues en effet à deux causes tout à fait différentes : le soulèvement du sol et l'éruption des porphyres rouges; ceux-ci forment des masses de grandeurs supérieures aux collines dues au soulèvement, et il est presque impossible de reconnaître ce qui revient à chacune de ces causes.

Résumant les observations faites le long de la chaîne, on peut cependant conclure en premier lieu que les porphyres rouges primitivement recouverts par le terrain permien et peut-être même par le trias, ont été mis à nu par les érosions. Quant aux couches sédimentaires, elles ont subi des mouvements très complexes. Ces mouvements ont eu pour conséquences de disposer les assises en pentes douces sur le versant sud-ouest, horizontalement sur le sommet de la montagne, et en pente assez raide sur le versant nord-est. Autrement dit, prise dans son ensemble, la montagne se présente comme formée par un pli anticlinal dont le versant abrupt regarderait le nord-est. Cette apparence se trouve accentuée par ce fait que les masses porphyriques doucement inclinées vers le sud-est, sont limitées par une muraille verticale faisant face au nord-est. On se rendra d'ailleurs facilement compte de la configuration de l'Estérel en examinant la coupe que nous en donnons à propos de l'étude des soulèvements de la région.

Enfin comme dernier point à citer, indiquons la division de l'Estérel en deux parties par la vallée du Reyran. Ces deux parties sont d'ailleurs absolument le prolongement l'une de

l'autre, et cette division n'aurait aucune importance s'il n'était permis de constater que la dépression du Reyran a toujours existé. Le fond de cette dépression est en effet occupé par un dépôt houiller qui s'arrête sur ses bords. Elle fut ensuite remplie par les dépôts permien, mais ne fut pas le théâtre d'éruptions porphyriques; aussi les dépôts permien et houiller, dominés par les collines voisines, furent-ils profondément ravinés et le dépôt permien enlevé en presque totalité. Cette dépression du Reyran n'est d'ailleurs que le prolongement du pli synclinal opposé au pli anticlinal des Maures.

Description du massif de Tanneron.

Le massif de Tanneron, moins important que les régions précédentes, est formé essentiellement de deux chaînes de collines dirigées du sud-est au nord-ouest, se réunissant au Mont-le-Duc, point culminant (474 mètres) et venant se terminer près de la côte entre la Napoule et Cannes. Ce massif, d'ailleurs, au point de vue minéralogique, n'est qu'une dépendance du massif des Maures; il présente la même constitution que la partie orientale de ce dernier massif; comme elle, ayant subi dès l'origine un relèvement suffisant, il a échappé à l'immersion dans la mer permienne.

Groupement des formations géologiques.

Telle est, rapidement faite, la description géographique de la région des Maures et de l'Estérel. Dans cette région nous trouvons cinq terrains stratifiés différents : la série cristallophyllienne, surmontée par des phyllades archéennes, le terrain permien, quelques lambeaux du terrain pliocène et du quaternaire.

Ces terrains sont traversés par les roches éruptives et l'ensemble peut être divisé en trois groupes, en s'appuyant sur la

discontinuité dans la formation, les roches cristallophylliennes et les phyllades archéennes qui sont en continuité parfaite avec elles. Nous ferons rentrer dans ce groupe le granite et la granulite qui sont antérieurs aux roches du groupe suivant. Celui-ci comprendra le terrain houiller, le terrain permien, les roches éruptives permienes. Dans le troisième groupe, nous réunirons les roches tertiaires ou tout au moins postpermiennes. Notre travail sera ainsi naturellement divisé en trois chapitres.

BIBLIOGRAPHIE

ANGERSTEIN, Remarques sur les montagnes de Provence (*Mém. des savants étrangers*, t. II, 1755).

DARLUC, Histoire naturelle de la Provence, 1782.

DE JOINVILLE, Description du volcan de Beaulieu (*Journal de physique*, 1788).

BARBAROUX, Description des volcans de la Courtine et de Sainte-Barbe (*Journal de physique*, 1788-1789).

DE SAUSSURE, Voyages dans les Alpes, 1796.

PONTIER, Description du volcan de Rougiers (*Mém. de l'Académie royale d'Aix*, 1819).

ÉLIE DE BEAUMONT, Explication de la carte géologique, 1844.

COQUAND, Description des terrains primaires et ignés du département du Var (*Mém. de la Société géol. de France*, t. III, 2^e série, 1850).

DELESSE, Recherches sur les roches globuleuses (*Mém. de la Société géol. de France*, t. IV, 2^e série, 1851).

VILLENEUVE-DE-FLAYOSC, Description minéralogique et géologique du Var, 1856.

DE MERCEY, Cartes géologiques des Maures, 1866.

PANNESCORSE, Notice historique sur le bassin houiller du canton de Fréjus, 1873.

MICHEL LÉVY, de quelques Caractères microscopiques des roches anciennes acides considérés dans leurs relations avec l'âge d'éruption (*Bulletin de la Société géol.*, t. III, 3^e série, 1874-1875).

MICHEL LÉVY, Mémoires sur les divers modes de structure des roches éruptives étudiées au microscope au moyen de lames minces (*Ann. des mines*, t. VIII, 7^e série, 1875).

POTIER, Comptes rendus de la réunion extraordinaire de la Société géologique à Fréjus (*Bulletin de la Société géol.*, t. V, 3^e série, 1876-1877).

POTIER, Notes sur certains gneiss des environs de Fréjus (*Bulletin de la Société géol.*, t. V, 3^e série, 1878-1879).

POTIER, Carte géologique détaillée (*Feuille d'Antibes*, 1878).

ÉMILIEN DUMAS ET DE LANVERSIN, Étude sur le terrain houiller du Var, 1880.

MARCEL BERTRAND, Carte géologique détaillée (*Feuille de Toulon*, 1887).

Outre ces ouvrages il est fait allusion dans bien des travaux de géologie aux roches, aux minéraux de la région des Maures et de l'Estérel. Nous indiquerons ces travaux lorsque l'occasion se présentera dans le cours de notre étude.

HISTORIQUE

Parmi les travaux indiqués dans l'index bibliographique, quelques-uns seulement présentent une véritable valeur, au point de vue purement scientifique. Les méthodes d'investigation se sont modifiées complètement ces dernières années en ce qui concerne l'étude des roches; aussi les résultats obtenus par les anciens géologues ne constituent-ils qu'une page de l'histoire des roches. MM. Michel Lévy, Potier et Bertrand ont seuls abordé le problème dans toute sa généralité; mais leur but n'étant pas de décrire complètement la région, les résultats qu'ils ont publiés sont peu nombreux. Pour ces diverses raisons, on ne s'étonnera pas du peu d'étendue présenté par le côté historique de la question.

Angerstein, en quelques lignes insérées dans les *Mémoires des Savants étrangers*, décrit les roches qu'il a rencontrées sur sa route, lors de son retour d'Italie. Les descriptions, très courtes, manquent de précision, surtout par suite de l'absence de termes techniques. Il donne les caractères des porphyres rouges, y indique la présence de parties vitreuses terminées par des pyramides à six faces et considère les grès rouges comme *roches mères* de ces porphyres; la transformation se serait effectuée sous l'action du temps. Il est à remarquer qu'Angerstein cite l'existence d'une roche cornée, traversée par mille veinules, c'est-à-dire, fort probablement, du pechstein de Fréjus.

L'histoire naturelle de la Provence ne saurait nous arrêter. Darluc était un naturaliste dans le sens le plus général du mot.

Il aborde tous les points sans les approfondir et ses descriptions ont certainement plus d'intérêt pour le géographe que pour le géologue.

De Joinville et Barbaroux, chacun de leur côté, décrivent dans le *Journal de physique* le volcan de Beaulieu et ceux des environs de Toulon.

Barbaroux examine l'état des lieux, donne les caractères des basaltes avec beaucoup de précision et d'exactitude. Il ne se laisse pas entraîner par des considérations théoriques qui font l'objet principal de la note de de Joinville. Celui-ci considère le point culminant de la butte basaltique de Beaulieu comme l'emplacement de l'ancien cratère. L'éruption serait due à la combustion de matières inflammables contenues dans le sol, combustion déterminant la fusion des roches formant ce sol, de telle sorte, dit-il, que les roches les plus rapprochées de la surface, se sont écoulées les premières. Il en résulte, d'après lui, que les roches situées autrefois le plus profondément, occupent aujourd'hui dans la butte basaltique les parties superficielles.

De Saussure est le premier qui nous donne des renseignements de quelque importance sur les roches du sud de la Provence. Revenant d'Italie, il traverse successivement l'Estérel et les Maures; il relate ses observations avec une précision et un développement quelquefois exagérés pour l'importance du sujet : elles portent aussi bien sur un caillou trouvé dans le lit d'un torrent que sur les roches en place et non altérées. C'est à Cannes que de Saussure fait les premières observations nous intéressant; il décrit en quelques mots les gneiss rouges sur lesquels est construite l'église de cette ville. Franchissant l'Estérel, il rencontre des grès rouges permien formés, dit-il, de débris de porphyre, si nombreux que l'on ne sait si l'on a affaire à de véritables grès ou à des porphyres en décomposition. Ces porphyres se présentent ensuite à lui; il hésite à donner son opinion sur leur structure; mais les décrit nettement comme formés d'une pâte pétrosiliceuse dans laquelle sont plongés des cristaux de quartz et de feldspath rhomboïdal. Un caillou roulé

du pechstein de la Colle-de-Grane attire son attention, grâce à la présence de cristaux d'orthose chatoyant qu'il considère comme du labrador; mais ce sont surtout les porphyrites et les dolérites qui sont étudiées avec le plus de détails. Il revient sur ce sujet à plusieurs reprises, à mesure qu'il rencontre de nouvelles variétés de ces roches.

Il s'élève contre l'assertion de Darluc indiquant la présence d'un ancien cratère à Fréjus, et reconnaît parfaitement que les parties scoriacées des porphyrites n'ont aucun rapport avec les laves. Continuant son voyage, de Saussure contourne les Maures et n'en observe que les dernières ramifications aux environs d'Hyères. Il visite la presqu'île de Giens, l'île de Porquerolles et décrit les phyllades vertes accompagnées de bancs de quartzites et les schistes ardoisiers qui les surmontent. Quelques jours après, il effectue la montée des collines recouvertes par les coulées basaltiques de Broussaut et d'Evenos. Les caractères des roches observées dans cette excursion, conduisent de Saussure à émettre sur elles une opinion qui étonne de la part de ce géologue si perspicace. D'après lui, les roches d'Evenos et du Broussaut n'ont point été fondues; elles se sont formées sous l'eau et ne sont point de véritables basaltes.

A Beaulieu, aux environs d'Aix, il reconnaît l'existence du basalte, existence contestée par de Joinville : il décrit ce basalte ainsi que la dolérite qui l'accompagne et fixe avec la plus grande netteté l'époque de l'éruption relativement aux terrains sédimentaires qui entourent le château de Beaulieu.

Dans son explication de la carte géologique de France, Élie de Beaumont parle à trois reprises de la région qui nous occupe : dans le tome premier, à propos de la description des montagnes et du terrain houiller; dans le tome second, à propos du grès bigarré. Comme ses devanciers, Élie de Beaumont traverse plutôt la région qu'il ne l'explore. D'après sa description même, on se rend parfaitement compte qu'il a traversé les Maures en suivant la route d'Hyères à Saint-Tropez, puis, dans un autre sens, en allant de Saint-Tropez au Muy. Suivant les couches

dans l'ordre inverse de leur stratification, il donne, d'après de Saussure, la description des phyllades, puis entre Bormes et Saint-Tropez il signale seulement la présence des gneiss et des micaschistes avec cristaux. Remontant vers Plan-de-la-Tour il dit quelques mots du granite et du bassin houiller. Il relate ensuite la direction des inclinaisons des couches et en tire comme conclusion que les Maures et l'Estérel sont dues à deux soulèvements successifs. Il décrit les porphyres, les serpentines et les mélaphyres et basaltes. Il indique le premier les ressemblances du porphyre bleu de Saint-Raphaël avec les trachytes et ajoute que l'on devra peut-être le séparer des porphyres rouges formant l'axe de l'Estérel. La majeure partie des caractères et des faits qu'il signale au sujet de ces quatre roches sont empruntés soit à de Saussure, soit à Coquand qui avaient déjà publié des notes à ce sujet dans le bulletin de la Société géologique.

Décrivant les bassins houillers de France, Élie de Beaumont signale trois dépôts dans les Maures et l'Estérel : le dépôt du Reyran, le dépôt de Plan-de-la-Tour, et celui de Collobrière qui doit être rapporté au permien.

Après avoir signalé l'exploitation d'une couche de houille, il indique en quelques mots la composition minéralogique des dépôts et l'inclinaison de leurs couches. L'auteur de la carte géologique considèrait comme équivalent du grès bigarré les schistes et grès rouges qui forment ceinture autour du massif des Maures.

Le mémoire de Coquand sur les terrains primaires et ignés du département du Var, est le premier travail complet et raisonné que l'on ait publié sur le département. Coquand, après avoir parcouru la région en tous sens, y avait reconnu l'existence de toutes les roches que l'on y connaît aujourd'hui. Ses observations n'ont trait, bien entendu, qu'aux caractères macroscopiques des roches et à leur relation avec les terrains encaissants. Coquand plaçait au niveau des grès bigarrés, les grès supérieurs que l'on considère aujourd'hui comme permien; pour lui, par suite, certaines roches primaires devenaient triasiques.

Les résultats de ses recherches sont exposés dans sept chapitres ayant pour titres :

- 1° Granites et schistes cristallins.
- 2° Formation des serpentines.
- 3° Formation des porphyres rouges quartzifères.
- 4° Formation des mélaphyres.
- 5° Formation du porphyre bleu quartzifère.
- 6° Formation trachytique.
- 7° Formation basaltique.

A propos de chacune de ces roches, nous avons analysé le travail de Coquand; il nous suffira donc d'exposer quelques considérations générales. Cet auteur ne distinguait pas la granulite du granite et considérait ces deux roches comme inséparables de la formation cristallophyllienne. Il étudie donc toutes ces roches dans un seul chapitre. Comme Élie de Beaumont, il détermine la direction géographique de leurs lignes de plus grande pente, et de ses résultats tire des conclusions relatives au soulèvement des Maures, dont il sépare l'Estérel, cette dernière montagne s'étant formée, d'après lui, beaucoup plus tard. Les serpentines font l'objet d'un chapitre spécial; Coquand les sépare des schistes cristallins : ces roches seraient éruptives et auraient traversé les gneiss et micaschistes.

Après avoir décrit les porphyres rouges et établi leur âge d'éruption, Coquand s'occupe des mélaphyres, parmi lesquels il range les porphyrites, les dolérites et les pyromérides. Deux considérations l'amènent à faire ce rapprochement : ces roches ont fait éruption sensiblement à la même époque, et elles renferment des glomérules. Le premier argument n'est certainement pas sans valeur; mais il n'en est plus de même du second : les porphyrites renfermant des glomérules calcaires d'origine secondaire, tandis que les pyromérides renferment des glomérules siliceux primordiaux. A l'instigation d'Élie de Beaumont, Coquand sépare complètement le porphyre bleu de Saint-Raphaël du porphyre rouge; pour fixer son âge, il le compare aux roches de l'île d'Elbe et de l'Italie et le place parmi les roches tertiaires.

Bien plus, suivant les idées alors admises, il attribue à l'éruption de ce porphyre l'origine du soulèvement de l'Estérel, qui devient par suite une montagne de l'époque tertiaire.

Le premier, Coquand reconnaît la nature trachytique des labradorites d'Antibes et détermine leur âge. Quant aux basaltes, il répète en substance les observations de ses prédécesseurs.

C'est en 1856 que Villeneuve de Flayose publia sa *Description minéralogique et géologique du département du Var*. Cet ouvrage parut donc après le *Mémoire de Coquand*; mais comme le dit son auteur lui-même, les recherches qui y sont relatées furent faites bien antérieurement. A l'époque où Villeneuve étudia la géologie du Var, les connaissances acquises étaient beaucoup moins précises que quelques années plus tard. La classification des roches n'était pas nettement établie; les terrains n'étaient pas nettement définis. Aussi la lecture de l'ouvrage de Villeneuve ne se fait-elle pas sans difficulté : l'ordre y fait en apparence complètement défaut. On y rencontre tour à tour des considérations sur les roches d'origine aqueuse, et sur les roches éruptives. L'auteur s'attache surtout à établir des comparaisons entre le Var et les autres régions de l'Europe; mais ces comparaisons basées sur les théories alors admises, n'ont plus aujourd'hui la valeur qu'on leur attribuait en 1840.

L'ouvrage est divisé en trois parties : dans la première Villeneuve traite de la topographie du Var; dans la seconde de la géologie; la troisième comprend l'étude des montagnes, de l'hydrographie et des applications à la culture et à l'industrie. La seconde partie est particulièrement intéressante pour nous. Elle comprend la description du terrain primaire (série cristallophyllienne), des terrains de transition, des terrains secondaires, c'est-à-dire des grès vosgien et bigarré (permien), du muschelkalk, du jurassique, des terrains tertiaires, puis un dernier chapitre contient les résultats de quelques recherches sur les roches volcaniques. Il divise les roches cristallophylliennes en gneiss, eurites et micaschistes; il en indique rapidement les caractères et la répartition. Il sépare donc de

cette série les amphibolites qu'il considère comme éruptives et contemporaines des terrains de transition.

Parmi ceux-ci, il distingue le cambrien dans lequel il fait rentrer les schistes à sérécite, les phyllades vertes et le schiste ardoisier, et le silurien qui, d'après lui, serait représenté par le conglomérat placé aujourd'hui à la base du permien.

Dans une seconde section, Villeneuve décrit les terrains qu'il appelle « les terrains secondaires inférieurs. » Il reconnaît l'existence du terrain houiller dans le bas du Reyran, à Plan-de-la-Tour et à Toulon, et en outre place à ce niveau des assises de grès ayant même composition que les grès houillers et que nous considérons comme appartenant au permien.

Ce terrain houiller est recouvert par des grès rouges qu'il considère comme équivalents des grès rouges permien. Il ne dit que deux mots sur cette formation, quoiqu'il soit le premier à avoir signalé l'existence du permien dans cette région. Il est vrai qu'il fait encore rentrer dans le trias les parties moyenne et supérieure de ce grès, auxquelles il donne le nom de grès vosgien et de grès bigarré; c'est ce dernier qui, sous l'action du feu interne, a donné naissance aux porphyres rouges.

Les roches volcaniques font l'objet d'une troisième section. Villeneuve rapproche les basaltes et la labradorite d'Antibes de la porphyrite de Toulon et des dolérites de Carqueranne, quoique à propos des roches cristallophylliennes il ait considéré les amphibolites comme une simple modification des porphyrites de certaines coulées.

Il considère d'ailleurs ces roches éruptives comme identiques à la spilite de l'Isère, s'appuyant sur la présence dans les basaltes d'Ollioules de géodes calcaires qu'il compare aux glomérules de la spilite. Ces différents rapprochements non justifiés, l'entraînent dans des considérations sans fondement.

Son ouvrage se termine par une longue étude sur le soulèvement des montagnes du Var; mais cette dernière partie fut rédigée après la publication de l'explication de la carte géologique. Il arrive aux mêmes conclusions qu'Élie de

Beaumont et s'efforce longuement de montrer que chaque colline du Var n'est que le prolongement d'une chaîne de montagne de l'Europe.

M. Michel Lévy, étudiant d'une part « les divers modes de structure des roches anciennes, » et de l'autre « les relations entre cette structure et l'âge d'éruption, » a pris de nombreux exemples parmi les roches de l'Estérel. Nous n'analyserons pas ces deux remarquables travaux qui sont la base de l'étude pétrographique et géologique des roches anciennes : nos résultats concordant complètement avec ceux obtenus par M. Michel Lévy, nous avons dû reproduire textuellement ses écrits dans les chapitres relatifs aux porphyres et aux pyromérides.

En 1877, la Société géologique de France, en réunion extraordinaire à Fréjus, fit plusieurs excursions dans l'Estérel sous la conduite de M. Potier. Elle put voir ainsi combien étaient nombreux, les résultats importants obtenus par M. Potier ; ces résultats furent consignés dans les comptes rendus de la Société, et servirent à tracer la carte géologique détaillée de la feuille d'Antibes. Dans cette région, la série cristallophyllienne est représentée soit par le gneiss leptynitique ou gneiss de Cannes, soit par un gneiss noir fortement feuilleté. Sur ces roches repose le terrain houiller du bassin du Reyran, renfermant au nord une couche de houille de deux mètres, et au sud des schistes bitumineux. Ces assises sont affectées par deux systèmes de failles, allant sensiblement les unes du nord au sud, les autres de l'est à l'ouest.

Ce terrain est traversé par une roche éruptive avec raison dénommée porphyrite par M. Potier. Cette roche n'est qu'une variété plus ou moins décomposée de porphyrites permienes, auxquelles M. Potier donne le nom de mélaphyres.

Dans le permien, l'auteur distingue trois étages : l'étage des grès et schistes rouges à *Walchia*, au milieu desquels sont interstratifiées de nombreuses coulées de porphyre rouge, l'étage des schistes rouges traversés par des pyromérides, et l'étage des grès et poudingues porphyriques traversés par des méla-

phyres ayant une composition voisine des labradorites. Ces mélaphyres sont tantôt formés de labrador, de périclase et de fer oxydulé moulés par de l'augite; tantôt ces mêmes cristaux sont plongés dans une pâte amorphe contenant des grains de pyroxène. Enfin M. Potier cite les porphyres bleus de Saint-Raphaël et les labradorites d'Antibes : ces dernières ont fait éruption à la fin de l'éocène.

M. Bertrand a publié en 1887 la carte géologique détaillée de la feuille de Toulon, comprenant la plus grande partie du massif des Maures.

Cet auteur distingue dans les Maures, à la base, des gneiss dits de Saint-Tropez se reliant aux gneiss de Cannes, au-dessus, les micaschistes inférieurs, séparés par des amphibolites d'un blanc épais de micaschistes renfermant des minéraux, et dans lesquels s'intercalent des bancs de gneiss gris dont l'un épais de 500 mètres, surmonte le tout. Puis viennent des micaschistes renfermant des bancs d'amphibolites et passant à des schistes à séricites. Ceux-ci se continuent par des phyllades et des quartzites. Le houiller est représenté dans cette région par les schistes du Mourillon et le permien s'y divise en deux étages. L'étage inférieur formé de grès et de schiste renferme, à Collobrière, un banc de houille contenant *Pecopteris Pluckenetii*, l'étage supérieur formé de schistes et grès rouges correspond aux deux étages supérieurs de M. Potier.

Comme roches éruptives, M. Bertrand cite le granite du Plan-de-la-Tour, la granulite à grands éléments, les porphyrites et mélaphyres identiques à ceux observés dans la région d'Antibes, et enfin les basaltes.

ÉTUDE

STRATIGRAPHIQUE & PÉTROGRAPHIQUE

Des roches Cristallophylliennes

et des Roches éruptives antérieures au terrain houiller

(Serpentines — Granite — Granulites)

I

ROCHES DE LA SÉRIE CRISTALLOPHYLLIENNE

Dans la région des Maures et de l'Estérel, les roches cristallophylliennes constituent le massif des Maures, le versant nord de l'Estérel et le massif de Tanneron.

Elles ont été décrites succinctement par Élie de Beaumont, Villeneuve-Flayosc, Coquand, qui firent presque simultanément leurs observations.

En 1877, M. Bertrand a publié, sous la direction du Ministère des travaux publics, la carte géologique de la partie comprise sur la feuille de Toulon. Cette carte, accompagnée d'une note explicative, comprend la plus grande partie des montagnes des Maures et y indique la disposition des roches cristallophylliennes.

Élie de Beaumont, dans son explication de la carte géologique de France, mentionne les faits observés par lui le long des différentes routes qu'il a suivies, plutôt qu'il ne décrit la région. Il indique la présence des gneiss et des micaschistes et insiste sur l'existence au milieu des gneiss de veines de graphite. Ce fait avait une grande importance pour lui qui considérait ces roches comme provenant des modifications métamorphiques de schistes et grauwackes à grains fins, contenant des assises calcaires et des dépôts charbonneux. Il ne

donne qu'une description qu'il emprunte d'ailleurs à de Sausure, celle des phyllades archéennes que l'on observe aux environs de Toulon.

Villeneuve, dont le travail est antérieur à celui de Coquand, quoiqu'il fût publié postérieurement, distingue les *gneiss*, les *eurites* et les *micaschistes*, à l'ensemble desquels il attribue une épaisseur de 7000 mètres. Sans entrer dans la description de ces roches, il cherche à établir le passage entre elles et le granite à gros grains et le granite à petits grains (*granulite*). Il le fait d'ailleurs dans des termes tels qu'il est bien difficile de saisir sa pensée. Il cite les points où l'on peut observer le passage du granite à petits grains au granite à gros grains et celui de ce granite au gneiss; puis il présente ce granite comme postérieur au gneiss et comme l'ayant soulevé. Villeneuve attribue une origine éruptive aux amphibolites, et les montre se modifiant peu à peu pour former le porphyre bleu de Saint-Raphaël, puis les mélaphyres du Var.

Le travail de Coquand étant consacré aux roches primaires et éruptives, cet auteur étudie les roches qui nous occupent plus systématiquement que ses prédécesseurs. Cette étude se réduit naturellement aux résultats d'un examen macroscopique, qui dans cette région fournit, il est vrai, des résultats d'une certaine importance : les minéraux accessoires étant toujours de grande taille.

Dans trois paragraphes il traite successivement des gneiss, des micaschistes et des phyllades.

Après avoir indiqué la division du gneiss en gneiss à mica et gneiss à amphibole, il cite la coloration rouge de certains gneiss et la présence du disthène et du graphite. A propos des micaschistes, il s'étend principalement sur les gisements des minéraux accessoires; staurolite, grenat, tourmaline, titane rutile, disthène et andalousite. En ce qui concerne les phyllades, Coquand ne fait que reproduire en substance les remarques d'Élie de Beaumont.

Dans la notice accompagnant sa carte géologique (feuille d'Antibes) M. Potier décrit brièvement les gneiss du massif de Tanneron; et la présence de fragments de gneiss plus anciens dans ces gneiss rouges fait l'objet d'une note du même auteur dans les bulletins de la Société géologique (1).

M. Bertrand dans le tracé de sa carte géologique de Toulon distingue les étages suivants. A la base les gneiss de Saint-Tropez ($\tau^{1-a}\gamma^1$), continuation des gneiss de Tanneron, au-dessus les micaschistes inférieurs (τ^{1-b}) séparés par des amphibolites des micaschistes (τ^{2-a}), riches en minéraux; les derniers sont surmontés de gneiss ($\tau^{2-b}\gamma^1$) séparés par des amphibolites de micaschistes (τ^{2-c}). Ceux-ci passent peu à peu à des schistes satinés à sérécite X.

Division.

Les roches cristallophylliennes peuvent être divisées en quatre étages, tant d'après leurs caractères extérieurs que par leurs caractères microscopiques et leur teneur en silice. Ces quatre étages doivent d'ailleurs passer insensiblement de l'un à l'autre et les bouleversements subis par la région empêchent seuls de constater ce passage. L'étage inférieur dont la teneur en silice varie de 60 à 65 % est formé de gneiss granitoïde. Le second étage comprend des gneiss leptynitiques dont la teneur en silice exceptionnellement élevée varie de 75 à 80 %. C'est dans cet étage que l'on observe le maximum d'acidité. Le troisième étage est formé de micaschistes au milieu desquels s'intercalent des bancs de gneiss. La quantité de silice y décroît de 75 à 70 %. Enfin le quatrième étage est formé de micaschistes satinés et de phyllade, dont le degré d'acidité est de 65 à 60 %. Cette diminution est d'ailleurs plutôt apparente que réelle; car ces chiffres se rapportent aux parties

(1) Potier, *Note sur certains gneiss des environs de Fréjus* (B.S.G., t. VII, 3^e série, 1878-1879).

de la roche de composition complexe, sans tenir compte des nombreuses lentilles de quartz qui s'y intercalent. En faisant intervenir le quartz de ces lentilles, la teneur en silice se relève à 73 %.

L'étage inférieur n'est que peu représenté dans le massif des Maures; presque partout il est caché par les étages supérieurs. En quelques points seulement, les érosions des cours d'eau l'ont mis à nu; c'est ainsi qu'on l'observe dans le lit du petit torrent d'Arélan, au point où il est traversé par la route de Plan-de-la-Tour à Cogolin. Il est au contraire très développé sur le versant nord de l'Estérel où le pli anticlinal qui a donné naissance à cette montagne, l'a amené au jour. On l'observe principalement au lieu dit Garron sur la route de Fayence à Draguignan.

Le second étage joue un rôle important dans la constitution des Maures et de l'Estérel. Il forme, en effet, le massif de Tanneron et se prolonge sur le versant nord de l'Estérel, jusqu'à l'ouest de Saint-Paul. On peut même l'observer au cœur de cette montagne; les coteaux bordant la dépression du Reyran, sont formés de gneiss et micaschistes appartenant à cet étage; primitivement recouvertes par le permien, ces roches furent mises à nu par les érosions. Dans les Maures, on retrouve cet étage sur le versant est; c'est au milieu de ses assises supérieures que le granite de Plan-de-la-Tour s'est fait jour. Le banc d'amphibolite qui le limite à la partie supérieure passe sensiblement par les hameaux ou habitations que l'on appelle les Rivières, les Pommiers, la Moure, le Remond, Notre-Dame de Miramas, et vient se terminer au nord des Grottes, à l'ouest de Cogolin. En ce point commence la dépression qui fait suite au golfe de Grimaud. Dans cette dépression, les assises du second étage ne sont pas visibles : dans la partie est, elles sont recouvertes par les alluvions, et dans la partie ouest par les assises du troisième étage qui s'avancent en pointe vers l'est. Il faut donc traverser la dépression pour retrouver le second étage qui forme la partie est de la chaîne des collines longeant

la Méditerranée. De plus, la ligne nord-sud qui, ici, le limite à sa partie supérieure, passe par Gassin; elle n'est donc pas dans le prolongement de la ligne nord-sud qui le limite dans la partie nord des Maures, mais elle est beaucoup plus à l'est.

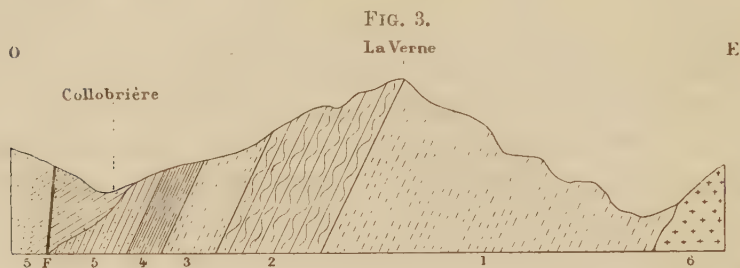
Quant aux deux étages supérieurs, ils ne sont bien caractérisés que dans le massif des Maures. Un simple coup d'œil jeté sur la carte de M. Bertrand permet de voir qu'on les rencontre successivement en allant de l'est à l'ouest. Nous ne les avons pas retrouvés dans l'Estérel, ce qui ne saurait étonner si l'on remarque que la ligne nord-sud, limitant dans les Maures le second étage, laisse bien à l'est les dernières assises de ce second étage dans l'Estérel. Il est donc probable que dans cette région, nous n'observons même pas les assises supérieures du second étage.

Le troisième étage est limité à l'ouest par une ligne passant sensiblement par Valpayette, laissant la Sauvette à l'ouest et aboutissant à l'ouest de Collobrière. Il est ici coupé par une faille dirigée de l'ouest à l'est et reportant sa limite supérieure vers l'est à une distance d'environ 4,500 mètres. La ligne limite reprend alors sa première direction pour passer par la Malière, le signal de Saint-Guillaume et le Gauby. En ce point, nouvelle faille, parallèle à la première, reportant la limite à 3,500 mètres vers l'est. Puis la ligne partant des Berles, contourne Bormes, et se dirigeant vers le sud-est, va aboutir au cap Bénat. Sur la carte de M. Bertrand, cet étage est désigné par les lettres (ϵ^{2-a}) ($\epsilon^{2-b} \gamma^1$) et (ϵ^{2-c}).

Quant au quatrième étage, désigné sur la même carte par la lettre (X), il forme la partie ouest des Maures et des îlots isolés tels que ceux du Pradet, du Mourillon et de la Seyne.

Nous ne pouvons donner de coupes rencontrant les différents étages. Par suite, en effet, de mouvements subis par la région, la ligne de plus grande pente des assises n'est pas perpendiculaire aux lignes de séparation des étages.

La coupe suivante, partant du petit massif granitique de la Molle, montre les différentes assises des deux étages supérieurs ; elle est complétée par d'autres coupes données plus loin.



Coupe de Maures suivant une ligne passant par Collobrière et la Verne.

1. Micaschistes à minéraux — 2. Gneiss supérieur — 3. Micaschistes supérieurs —
4. Amphibolites supérieures — 5. Phyllades archéennes — 6. Granite de la Molle —
7. Permien inférieur.

Echelles : long. $\frac{1}{200000}$ haut. $\frac{1}{20000}$.

PREMIER ÉTAGE

GNEISS GRANITOÏDE

Le gneiss granitoïde forme à Garron un massif d'une assez grande importance dans lequel les soulèvements successifs ont déterminé des cassures en tous sens et fait disparaître toute apparence de stratification, si elle a jamais existé.

La nature de l'élément ferromagnésien permet d'y établir une division immédiate. Dans la partie inférieure, cet élément est, soit du mica, soit de l'amphibole ; dans la partie supérieure cet élément est de la chlorite. Le gneiss granitoïde inférieur offre à l'œil nu du feldspath blanc très divisé par des lames de mica noir, relativement grandes et rigides. Elles sont à peine orientées ; aussi Villeneuve avait-il considéré cette roche comme un granite.

L'étude microscopique ne saurait d'ailleurs laisser de doute à cet égard. A part les minéraux accessoires, tels que le fer oxydulé, l'apatite et la tourmaline qui sont à l'état d'inclusion,

il est bien difficile de distinguer un ordre de cristallisation dans la disposition des minéraux.

A peine quelques cristaux d'amphibole et d'oligoclase pourraient-ils à la rigueur être considérés comme de première consolidation; encore y a-t-il doute. En outre le quartz, au lieu de former de grandes plages, ne se présente que sous forme de granules le plus souvent isolés. L'élément dominant de beaucoup est l'oligoclase; aussi vu la faible quantité de silice libre, la présence d'éléments plus basiques tels que le mica et l'amphibole, la teneur en silice de la roche est-elle celle d'un oligoclase, 61,44 %.

Les cristaux de cet oligoclase sont brisés, corrodés et fréquemment transformés, en partie du moins, en carbonate de chaux; ils présentent les macles de l'albite et plus rarement celle de Carlsbad et celle du péricline. Certains cristaux présentent des bandes concentriques parallèles à leurs bords (Pl. I, fig. 4).

L'orthose est rare; quelques cristaux sont maclés, mais il est plus souvent en plages granitoïdes non macлées.

Ces deux éléments renferment comme inclusion le fer oxydulé, l'apatite et la tourmaline; celle-ci très dichroïque, passant du noir au jaune clair, s'offre en sections hexagonales et rectangulaires avec traces de clivages parallèles à la petite base.

Le mica noir et l'amphibole en égale proportion, sont réunis en paquets. Le mica très déchiqueté et dichroïque s'épigénise en ripidolite. L'hornblende moins déchiquetée que le mica paraît, dans certains cas, postérieure à ce minéral dont elle englobe de petits cristaux. L'un de ces clivages est beaucoup plus net que l'autre; elle est très dichroïque et dans les tons clairs pourrait être confondue avec le mica.

Enfin le quartz peu abondant, en granules généralement isolés, contient des inclusions réparties suivant des surfaces irrégulières, et les plus grosses présentent une bulle de gaz.

Nous voyons donc que tant par sa situation que par ses

caractères macroscopiques et microscopiques, ce gneiss est identique avec les oligoclasgneiss de von Lasaulx.

La roche renfermant la chlorite comme élément ferromagnésien offre extérieurement l'aspect d'une protogine; c'est une roche blanche à taches d'un vert clair. Les lamelles de chlorite paraissent au premier abord encore moins orientées que les lamelles de mica de la roche précédente; mais cela tient simplement à ce que la chlorite n'a pas la rigidité du mica.

Au microscope (Pl. I, fig. 2), pas plus que dans l'oligoclasgneiss il n'est possible de distinguer plusieurs stades de consolidation. L'élément feldspathique domine beaucoup, mais contrairement à ce qui a lieu dans la roche précédente, c'est l'orthose qui l'emporte, soit à l'état de cristaux maelés à sections presque carrées, soit à l'état de plages granitoïdes. Aussi pour les mêmes raisons que celles données plus haut, la teneur en silice est-elle de 64,43, c'est-à-dire celle d'un orthose. L'apatite et le fer oxydulé forment également des inclusions dans les éléments blancs.

La chlorite doit être rapportée à l'espèce ripidolite; d'un vert pâle, en effet, en lumière naturelle, elle est formée de fibres enchevêtrées, entre lesquelles sont disposées des files d'inclusions ferrugineuses opaques; légèrement dichroïque, elle offre en lumière polarisée des tons noirs ou bleu foncé.

Le quartz, comparé à celui du gneiss oligoclasique, présente une légère modification qui paraît être indiquée par l'augmentation d'acidité. Il est en granules plus petits qui, au lieu d'être isolés, sont réunis en nids arrondis.

Nous voyons donc que si cette roche se rapproche de la granulite par l'état de son quartz, elle s'en écarte par ses autres caractères et en particulier par sa faible teneur en silice. Ce dernier fait l'écarte d'ailleurs autant des protogines du mont Blanc qui ne contiennent pas moins de 70 % de silice.

Le gneiss observé dans le lit du torrent d'Arélan, qui, par sa situation, sa compacité et sa faible teneur en silice, doit être considéré comme un gneiss granitoïde, paraît cependant par

l'ensemble de ces caractères devoir être supérieur au gneiss de Garron. Le grain de la roche est plus fin; les lamelles de mica, moins grandes, présentent une orientation plus accentuée. Au microscope, les éléments sont plus déchiquetés, et le quartz en granules plus petits. Il renferme en outre comme élément accessoire du sphène en grains irréguliers, fendus, à peu près incolore, à dichroïsme à peine sensible, faisant fortement relief. L'amphibole fait défaut.

Probablement ce gneiss occupe la partie supérieure de l'étage dont le gneiss de Garron constitue la base. Il serait d'ailleurs téméraire d'affirmer l'exactitude de cette opinion, la disposition des lieux ne permettant pas d'observer le passage du gneiss d'Arélan à l'étage suivant.

DEUXIÈME ÉTAGE

GNEISS LEPTYNITIQUES

Le second étage qui tient une si grande place dans toutes les parties de la contrée, présente des variations assez notables quand on l'étudie depuis la base jusqu'au sommet. Il peut être cependant caractérisé par la couleur blanche dominante de ses roches, quand elles n'ont pas subi d'action métamorphique, par sa haute teneur en silice, 72 à 80 % et la présence continuelle du mica blanc. Ces caractères joints à celui de la structure du quartz, nous portent à désigner le gneiss sous le nom de gneiss leptynitique, quoique en certains points il s'écarte évidemment de la composition que l'on s'accorde à donner au leptynite. Le nom de gneiss granulitique résumerait peut-être mieux l'ensemble de ses caractères; mais M. Michel Lévy ayant désigné ainsi, croyons-nous, les gneiss injectés de granulite, ce nom ne saurait convenir qu'à une partie de notre étage.

Les gneiss leptynitiques et les micaschistes qui les accompagnent peuvent facilement s'étudier à l'est et à l'ouest du massif granitique de Plan-de-la-Tour, les observations faites des deux

côtés se complétant. A l'est contre le granite, on trouve les gneiss inférieurs se modifiant graduellement quand on s'éloigne vers l'est; on voit ainsi ces gneiss passer aux micaschistes, et avec ceux-ci apparaissent les amphibolites en banes isolés et précurseurs du banc continu que l'on ne trouve qu'à l'ouest. Ici on ne peut observer la base de l'étage : une faille qui s'est produite le long de la ligne ouest d'affleurement du granite, a été accompagnée de l'affaissement de cette base qui échappe ainsi à l'observation; d'autre part, le houiller qui borde le granite cache également une partie des gneiss. Cependant on en peut étudier la partie supérieure où s'intercalent les micaschistes et les amphibolites formant un banc continu.

Les caractères que nous avons donnés des roches de cet étage ne sont naturellement pas aussi accentués à tous les niveaux; mais les modifications se font progressivement de la base au sommet. Le gneiss de base, par exemple, ne contient que 72 % de silice; cette teneur augmente peu à peu et atteint 80 % au sommet. Il est assez remarquable que les amphibolites, c'est-à-dire les roches les plus basiques des Maures soient ici précisément intercalées au milieu des roches les plus acides, comme si les éléments acides et basiques, au lieu de se déposer simultanément, s'étaient déposés alternativement.

De même le mica blanc peu abondant dans les gneiss de base se substitue peu à peu au mica noir et le remplace totalement dans les roches supérieures. Les mêmes modifications s'observent dans la structure du quartz. Dans les gneiss de base, le quartz est bien à l'état granulitique, mais en bien des points les petites plages se sont soudées entre elles pour former de grandes plages; la structure complexe de celles-ci n'est décelée que par une légère différence dans l'orientation des petites plages. Ces plages à structure complexe deviennent de plus en plus rares quand on s'élève, et finalement disparaissent.

Le gneiss observé à l'œil nu n'est pas à proprement parler du gneiss gris. Le mica noir, en effet, n'est pas mélangé intimement aux autres éléments. Il est rassemblé suivant des

surfaces plus ou moins contournées, plus ou moins rapprochées, entre lesquelles se trouvent le feldspath et le quartz. Aussi le mica ne peut guère s'observer que sur la surface des feuillets, et sur la tranche, la roche est sensiblement blanche.

Dans le gneiss le plus inférieur, le mica blanc, quoique rare, se reconnaît cependant à l'œil nu. Le feldspath et le quartz se présentent en cristaux relativement gros dont le diamètre maximum atteint un millimètre. Au microscope, d'ailleurs, les cristaux de quartz se décomposent. La schistosité de la roche n'est due qu'au rassemblement des lamelles de mica suivant des surfaces parallèles. Ces gneiss passent aux micaschistes suivant deux processus différents. Ou bien les surfaces micacées se multiplient et se rapprochent de plus en plus pendant que dans les intervalles la diminution de grandeur des cristaux est accompagnée d'une disparition progressive du feldspath. On arrive ainsi à des micaschistes gris, contenant en proportions à peu près égales du mica noir et du mica blanc. C'est le processus le plus simple, le plus fréquent.

Dans le second cas, le mica noir du gneiss est progressivement remplacé par du mica blanc également rassemblé suivant des surfaces, mais d'une façon moins exclusive. A mesure que l'on s'élève, le feldspath diminue en quantité; les cristaux deviennent plus petits, et le mica blanc se mélange de plus en plus aux autres éléments. Ces modifications successives aboutissent à un micaschiste blanc cassant que ses propriétés physiques feraient plutôt rapprocher des gneiss que des micaschistes, si la définition même des micaschistes ne lui était en tous points applicable.

Ces gneiss et micaschistes ont en certains points subi d'importantes modifications. Sans parler de l'action de l'atmosphère qui donne aux micaschistes une couleur de rouille par l'oxydation des éléments ferrugineux, il nous faut citer les actions métamorphiques des roches éruptives.

La granulite en bien des points a fait éruption au milieu des roches de cet étage. A Cannes, à Bagnols, on revoit les micaschistes et gneiss transformés en gneiss rouges par une

granulite rouge; dans les Maures, près de Roquebrune en particulier, le gneiss, imprégné des éléments d'une granulite blanche, est resté blanc. A Bagnols, les micaschistes suffisamment éloignés du gisement de la roche éruptive, sont simplement coupés par des filons pouvant atteindre 40 mètres de long sur quelques centimètres de large; en se rapprochant de la granulite on la voit imprégner très irrégulièrement le micaschiste qui a conservé sa schistosité, et on arrive finalement à la roche éruptive compacte.

Les porphyrites, en traversant ces roches, les ont également modifiées. Sur la route de Plan-de-la-Tour à Grimaud, on peut voir un filon de porphyrite traverser le gneiss blanc, celui-ci est devenu rouge au contact de la roche éruptive quoiqu'il n'y ait aucune adhérence entre eux. Il est à remarquer d'ailleurs qu'il suffit de faire chauffer les gneiss blancs pour les transformer en gneiss de couleur rouge.

Sans pouvoir entrer dans toutes les modifications présentées par les gneiss leptynitiques, nous allons en donner les caractères essentiels :

Le gneiss rouge le plus inférieur présentant des surfaces micacées très rubanées montre à l'œil nu ses éléments essentiels, quartz, feldspath et mica noir. Sa teneur en silice est de 75,42 %. Au microscope (Pl. I, fig. 3), on y peut distinguer deux catégories d'éléments : les uns, se rapprochant par l'ensemble de leurs caractères des éléments du granite, forment de grandes plages; ce sont le mica noir, l'oligoclase et le quartz. Les autres, se rapprochant par leur forme et leur nature des éléments de la granulite, sont le mica blanc, le quartz et un feldspath. Ces deux derniers, en granules, pénètrent sous forme de prolongements arrondis au sein des éléments de la première catégorie et méritent ainsi le nom d'éléments de corrosion, indiqué par M. Michel Lévy.

Le mica noir très ferrugineux, en lamelles déchiquetées disposées en trainées, n'est remarquable que par l'intensité de son polychroïsme : certaines sections à peine jaunâtres

quand la vibration est perpendiculaire aux traces de clivages, deviennent absolument opaques quand la vibration leur est parallèle. Le mica est traversé par le quartz de corrosion. Le feldspath de la première catégorie, très sali par les inclusions, se présente en plages maclées et en plages non maclées. Les angles d'extinction des premières les font rapporter à l'oligoclase : les lamelles hémitropes, très fines et très régulières sont souvent presque entièrement cachées par les inclusions disposées en files qui leur sont parallèles. Quant aux plages non maclées, elles doivent être rapportées au microcline; nous avons en effet obtenu pour la différence des indices principaux $n_g - n_p = 0,0070$. Les plus grandes de ces plages, d'un blanc vif, renferment des inclusions réparties suivant des surfaces parallèles, le plus souvent planes; dans les sections ces inclusions sont donc disposées suivant des droites parallèles, en relation probablement avec les traces de clivages non visibles. Bien souvent en outre ces cristaux présentent des plages différemment orientées; tantôt la différence d'orientation est à peine sensible et ne se révèle que par un aspect moiré, tantôt la différence d'orientation est complète, mais il y a fusion insensible des différentes plages. Enfin certains cristaux renferment de petits cristaux de quartz parallèlement orientés et l'ensemble constitue une micropegmatite.

La coloration rouge de la roche, qui n'est que la reproduction de la couleur des éléments feldspathiques, n'est pas due à la coloration de la substance cristallisée, mais à celle des nombreuses inclusions qu'elle renferme, comme on peut s'en convaincre en examinant le feldspath en lumière réfléchie. De deux choses l'une : ou bien l'action métamorphique insuffisante pour modifier un élément cristallisé ne s'est fait sentir que sur les inclusions amorphes, composé moins stable; ou bien, de même que la kaolinisation peut ne se produire que par points au sein du feldspath, de même l'action métamorphique n'a déterminé la déshydratation que par places, d'où est résulté l'apparence d'inclusion.

Le quartz de première catégorie, assez rare, est en grandes plages moirées.

Le mica blanc est l'élément le moins abondant; on le trouve en petites lamelles disséminées au milieu du quartz de corrosion. C'est pourquoi nous l'avons rangé parmi les éléments de seconde catégorie. Il forme en outre des nids dans lesquels on distingue des cristaux à fibres parallèles et des pseudo-cristaux dont les fibres sont disposées en gerbes serrées à une extrémité et étalées à l'autre. Les fibres des différentes gerbes s'enchevêtrent dans tous les sens. Dans certaines gerbes, les fibres sont séparées par des files de grains de limonite rouge en tout semblable au coleothar.

Le feldspath de seconde catégorie présente les caractères de l'orthose, mais au lieu de former de grandes plages, il est en granules arrondis que l'on peut rencontrer au milieu du feldspath de première catégorie.

Le quartz de corrosion se distingue par sa structure granulitique et par sa plus grande limpidité. Les inclusions sont disposées en file, et les inclusions à bulle sont fréquentes.

La description complète que nous venons de donner du gneiss rouge nous permet de passer rapidement sur les autres variétés de gneiss leptynitique.

On retrouve en effet la même structure dans le gneiss blanc à surface micacée, soit que le mica soit noir, soit que le mica soit blanc. Dans ce dernier gneiss, on devra simplement remplacer le mica noir de première catégorie par le mica blanc. Il renferme en outre un minéral accessoire, non observé dans le gneiss rouge, le grenat. Ce minéral qui se présente souvent comme inclusion des autres minéraux, est en grains arrondis brisés dans tous les sens. Il est transparent, incolore, à peine verdâtre le long des fentes; sa surface est chagrinée, et il est bordé de noir. Son indice de réfraction est de 1.77. Ce nombre a été obtenu par la méthode de Sorby, reposant sur ce principe que le produit de l'indice par l'épaisseur apparente est constant quand l'épaisseur réelle est constante. Divisant donc l'épaisseur

apparente d'un grain de quartz par celle du grenat et multipliant ce quotient par le nombre 4,54, indice moyen du quartz, nous avons obtenu le nombre précédent.

Quant aux gneiss de base qui ne renferment que 72 % de silice, ils ne se distinguent du gneiss rouge que par une diminution dans le nombre des cristaux de quartz et par une plus grande abondance de cristaux d'oligoclase.

Il peut paraître surprenant que nous ayons choisi pour le décrire complètement un gneiss rouge, c'est-à-dire un gneiss ayant subi des actions métamorphiques.

C'est qu'en effet, dans la région des Maures, il n'y a pas lieu de distinguer les gneiss rouges des autres gneiss du second étage. Malgré nos recherches, il nous a été impossible d'établir entre les gneiss modifiés et les gneiss primitifs, une différence autre que la rubéfaction des inclusions du feldspath. Il y a lieu évidemment de s'étonner qu'une roche, après avoir été injectée de granulite, soit presque identique à ce qu'elle était précédemment. Et cependant, il ne faut pas oublier d'une part que les éléments de première consolidation de la granulite n'ont pu pénétrer dans la masse du gneiss, et de l'autre, que les parties de la roche éruptive formées par les éléments de seconde consolidation ont une composition chimique et minéralogique identique à celle des gneiss primitifs. Partant de ces deux remarques, il devient plus facile de comprendre que l'injection de la granulite n'ait donné lieu à aucune modification essentielle, puisque la roche pénétrante ne devait, après solidification, que peu différer de la roche pénétrée.

Les observations précédentes s'appliquent également aux gneiss blancs injectés de granulite blanche. C'est ainsi que sur la route de la Garde-Fresnet à Plan-de-la-Tour, et sur celle allant de cette dernière commune à Grimaud, on voit une granulite blanche pénétrant dans les gneiss blancs. Or la granulite ne présente que de rares éléments de première consolidation, et au microscope elle ne diffère des roches qu'elle pénètre que par le manque d'orientation dans ses éléments.

Au-dessus des gneiss blancs, viennent, comme nous l'avons dit, des micaschistes blancs à grains très fins, dans lesquels on ne distingue à l'œil nu que de petits cristaux de grenat rose. Ce sont ces micaschistes qui probablement ont été désignés sous le nom d'eurites par de Villeneuve.

L'étude microscopique montre que la schistosité est due à l'allongement de tous les minéraux, tandis que dans les gneiss précédents, elle n'est due qu'au mode de répartition des lames de mica. Leur teneur en silice peut atteindre 80 %. Les minéraux essentiels sont le mica blanc et le quartz ; les éléments accessoires sont le grenat et le feldspath.

Nous retrouvons ici les deux catégories d'éléments distingués dans les gneiss précédents ; mais tandis que dans ceux-ci, les éléments de première catégorie l'emportaient de beaucoup comme importance, c'est ici l'inverse qui se produit : les grandes plages de quartz et de feldspath pénétré par le quartz sont à l'état d'exception ; ce sont les éléments de seconde catégorie qui, à proprement parler, constituent la roche.

Le mica blanc est en paillettes microscopiques diversement orientées et réunies en fines trainées parallèles. Celles-ci sont séparées par des bandes de quartz en granules souvent très allongées parallèlement au plan de schistosité (Pl. I, fig. 4 et 5).

Dans les parties moyennes et supérieures de ces gneiss, on trouve des banes d'amphibolite qui se continuent d'ailleurs dans l'étage suivant. Ces banes, parfaitement interstratifiés peuvent n'avoir qu'un centimètre d'épaisseur au milieu des micaschistes les plus acides. Le milieu cristalligène abandonnait donc alternativement ses éléments les plus acides, les plus potassiques, et ses éléments les plus basiques les plus magnésiens. Dans ces amphibolites, des couches presque entièrement formées d'amphibole alternent avec des couches blanches formées de feldspath. Dans certains cas, cependant, l'élément magnésien constitue la roche presque à lui seul. La

roche est alors fibreuse plutôt que schisteuse et sa composition est :

SiO ²	48,60
CaO.....	8,62
FeO.....	8,40
MgO	13,48
KO	1,67
NaO.....	0,64
Al ² O ³	16,26
F ² O ³	1,49
Perte au feu.....	0,73
	99,99

Composition qui, à part l'excès d'alumine, est celle d'une amphibole et même celle d'une actinote. Cette amphibole présente en effet des caractères intermédiaires à ceux de l'hornblende et à ceux de l'actinote. D'un vert foncé en masse, elle est d'un vert très clair en lame mince, possède un faible polychroïsme; et ses caractères optiques la rapprochent de l'actinote. Les cristaux présentent deux plans de clivages faciles et même une véritable lamellisation parallèlement à ces plans (Pl. I, fig. 6).

La recherche de la section présentant le retard le plus élevé, nous a permis de constater que la différence des indices principaux $n_g - n_p$ est égale à 0,0265; en outre sur cette section parallèle aux axes optiques les traces de clivage font un angle de 45° avec le plus petit axe d'élasticité. La méthode indiquée dans un travail précédent (1) nous a donné pour valeur de ces axes optiques :

$$\cos^2 V = \frac{243}{423} = \cos^2 40^\circ 43'$$

$$\sin^2 V = \frac{174}{423} = \sin^2 39^\circ 54'$$

et comme moyenne $V = 40^\circ 18'$.

(1) Wallerant, *Bull. Soc. Min.*

Sur une section perpendiculaire à l'une des bissectrices, et présentant un retard égal à 474, et par suite perpendiculaire à la bissectrice aiguë, nous avons pu constater que la ligne des pôles était parallèle à la lamellisation et que l'axe d'élasticité parallèle à cette ligne des pôles était le plus petit axe d'élasticité : le minéral est donc négatif et le plan des axes optiques parallèles à l'un des plans de clivage.

L'ensemble de ses caractères rapproche donc cette amphibole de l'actinote, dont elle se distingue par l'existence d'un état lamellaire parallèlement au plan des axes optiques, c'est-à-dire parallèlement à g^1 . Quant aux clivages mm nous n'avons pu constater leur existence, même après avoir décapé les cristaux par l'acide chlorhydrique. D'ailleurs, au milieu de ces cristaux se rapprochant de l'actinote, on peut trouver de rares cristaux se rapportant franchement à l'hornblende.

Dans l'amphibolite, formée essentiellement de cette amphibole, on observe quelques trainées d'un feldspath rongé par les éléments magnésiens ; ses inclusions sont nombreuses, d'un vert clair, à structure fibreuse, mais ayant une double réfraction trop énergique pour que nous les rapportions à l'amphibole ; nous croirions plutôt qu'elles sont formées par une variété de chlorite. Quant au feldspath, jamais macle, son pouvoir biréfringent est mesuré par $n_g - n_p = \frac{4}{106}$; valeur que nous avons obtenue pour le labrador dans des roches où ce minéral présente ses caractères distinctifs.

D'autres trainées sont formées d'opale amorphe, transparente et généralement incolore, mais quelquefois brunie par la présence d'un produit ferrugineux ; son indice de réfraction est de 1,450. Elle renferme des microlites en forme d'aiguilles réunies en faisceaux divergents dont la base se trouve généralement à la surface de l'opale. La double réfraction de ces microlites ne peut d'ailleurs se constater qu'à l'aide d'une lame à teinte sensible. Aux trainées ferrugineuses se trouvent associés quelques cristaux de mica brun. En outre, la roche est traversée par des filons d'épidote transparente, incolore, dont les cristaux allongés

suivant la trace d'un clivage forment quelquefois des agglomérations sphériques présentant une croix ou une branche de croix noire.

Quand l'amphibolite présente des couches de feldspath, celui-ci, outre des cristaux d'amphibole, englobe de petits cristaux de sphène à pointement aigu, d'un brun jaunâtre clair, non polychroïque, à surface chagrinée, qui se dissolvent dans l'acide chlorhydrique. De plus, certaines parties du feldspath sont maclées et dans deux lamelles hémitropes, l'angle des sections principales, symétriques par rapport au plan de macle, peut atteindre 44° ; ce caractère, joint à celui de l'insolubilité dans HCl, nous permet de rapporter le feldspath à l'espèce labrador, comme l'avait fait prévoir la mesure de la biréfringence. Le quartz, quoique rare, ne fait jamais défaut complètement.

Il est à remarquer que dans ces amphibolites, comme dans le gneiss qui les enclave, on ne trouve ni fer oxydulé, ni fer oligiste, ni fer chromé, ni fer titané, tandis que certains de ces éléments abondent dans les amphibolites des micaschistes supérieurs.

D'après ce que nous avons dit plus haut, l'amphibole présente des caractères intermédiaires entre ceux de l'hornblende et ceux de l'actinote. En certains points, tels qu'à la Moure, l'amphibole des amphibolites devient une actinote parfaitement caractérisée. Tantôt elle forme la partie essentielle de la roche, tantôt elle est combinée au feldspath. Dans le premier cas, l'actinote, d'un vert clair, est en cristaux d'un millimètre de longueur environ, allongés suivant h^1g^1 ; ceux-ci très fibreux sont réunis en faisceaux plus ou moins agglomérés en masses sphériques. Au microscope, cette actinote est presque incolore, quelques cristaux seulement présentent une teinte vert pâle et un léger polychroïsme; les deux clivages mm sont très nets ainsi que l'état lamellaire suivant h^1 .

Quand elle est associée au feldspath, l'actinote est d'un vert foncé, et l'œil nu ne discerne plus les cristaux; le feldspath est grisâtre et n'est pas disposé en couches parallèles comme dans

les amphibolites que l'on rencontre le plus fréquemment. Au microscope, l'actinote forme des masses fibreuses vertes, se décomposant le plus souvent en lumière polarisée en petits cristaux chevauchant les uns à côté des autres. La forte biréfraction du feldspath le fait rapporter au labrador. Tantôt il est en cristaux maclés : les trois macles habituelles du feldspath s'observent avec la plus grande netteté sur le même cristal, tantôt il est en plage non maclée renfermant des microlites d'actinote en grand nombre; ces microlites peuvent être si nombreux qu'ils décomposent le cristal en plages séparées.

TROISIÈME ÉTAGE

MICASCHISTES A MINÉRAUX

Le troisième étage limité inférieurement par les amphibolites qui couronnent l'étage inférieur se termine également par un banc d'amphibolites. Il est formé de roches qui, à l'exception de ces amphibolites, contiennent plus de 70 % de silice. La teneur en silice est sensiblement constante et égale à 75 %; exceptionnellement, dans certains gneiss, elle descend à 70.

Cet étage comprend des micaschistes, dits micaschistes inférieurs ou micaschistes à minéraux, de plus de 2,000 mètres d'épaisseur, d'après M. Bertrand, dans lesquels sont intercalés plusieurs bancs de gneiss. L'un de ceux-ci, épais d'environ 500 mètres, sépare les micaschistes inférieurs des micaschistes supérieurs qui, en certains points, contiennent également des minéraux. Ces micaschistes supérieurs peuvent passer aux schistes à séricite et se terminent par un banc d'amphibolite.

L'étude des micaschistes à minéraux est rendue difficile par la décomposition partielle qu'ils ont subie; cette décomposition s'est fait sentir assez profondément pour rendre impossible l'observation de la roche intacte. On peut cependant constater que l'élément essentiel est le mica blanc; l'observation macroscopique ne décèle que rarement le quartz qui est cependant

abondant puisque la teneur en silice est de 75 %; ce quartz en cristaux microscopiques, ne forme généralement pas de lentilles. De même, les lamelles de mica blanc, quoique orientées, sont en partie isolées les unes des autres et ne forment pas de couches continues. Dans les Maures, ces micaschistes sont le plus souvent disposés en couches planes.

Ces micaschistes renferment de nombreux minéraux accessoires : le disthène, la tourmaline, le grenat, l'andalousite, la staurotide. Ces trois derniers peuvent être assez abondants pour former une partie notable de la roche.

L'étude microscopique montre comme élément de première catégorie, le quartz et l'oligoclase qui sont assez rares; le minéral le plus abondant est de beaucoup le mica blanc. En paillettes aplaties suivant p , il présente dans les sections parallèles à cette face, les teintes des feldspaths; l'examen de ces lamelles en lumière convergente, montre qu'elles sont sensiblement perpendiculaires à la bissectrice des axes optiques; que les cristaux sont négatifs, et que $\rho > \nu$. En appliquant la formule $\text{Sin}^2 V = \frac{n_g - n_m}{n_g - n_p}$, c'est-à-dire en mesurant le retard à travers une section perpendiculaire à la bissectrice aiguë, et le retard à travers une section parallèle aux axes optiques, nous avons obtenu pour V , la valeur $40^\circ 30$. Cette détermination indique l'ordre de grandeur de l'angle V , mais elle laisse à désirer sous le rapport de l'exactitude; la section parallèle aux axes optiques, s'effeuillant toujours lors du polissage, présente des couleurs de plusieurs ordres et la petitesse des plages rend difficile la détermination de la couleur de l'ordre le plus élevé.

Les sections obliques sur la face p sont allongées; elles offrent des traces très nettes de clivages; mais en général on ne constate pas une décomposition en fibres parallèles.

Le quartz est l'élément essentiel de seconde catégorie; il forme le plus souvent des granules si petits que sa structure peut être rapportée à la structure microgranulitique, il est disposé en traînées séparant les amas de cristaux de première catégorie. Au milieu de ce quartz, se trouve un mica blanc, en

lames fibreuses allongées et contournées; les couleurs irisées permettent de distinguer ce mica du mica de première catégorie.

Le microscope révèle en outre la présence dans ce micaschiste, de petites lentilles formées exclusivement de quartz granitique; ces lentilles ne constituant ici qu'une partie accessoire de la roche en deviendront au contraire une partie essentielle dans l'étage supérieur.

Tous les cristaux dont nous venons d'indiquer la présence, sont englobés dans des traînées de limonite et d'une substance verte se présentant sous deux aspects différents. Tantôt elle est fibreuse et son identité avec la chlorite n'est pas douteuse; tantôt elle est homogène et englobe quelques fibres provenant probablement du minéral qui par sa décomposition lui a donné naissance; elle n'agit dans ce cas que très faiblement sur la lumière polarisée. L'origine de la limonite et de la substance verte est incertaine. Les deux substances pénètrent bien le mica blanc, mais dans la majorité des cas il est facile de se convaincre qu'elles n'y sont qu'à l'état d'inclusions d'origine étrangère. Certains cristaux de mica blanc présentent cependant sur leur pourtour, une teinte jaunâtre uniforme, et l'on y distingue le début d'une réduction en fibres sinueuses. C'est un commencement de décomposition dont le résultat final n'est pas indiqué.

Quant aux minéraux accessoires : la tourmaline est en prisme allongé résultant de la combinaison des formes e^2 et d^1 ; elle renferme du quartz comme inclusion. Le grenat est en grands cristaux donnant des sections arrondies, tantôt incolores, tantôt roses, traversées par de nombreuses cassures (Pl. II, fig. 4); ses inclusions sont des cristaux de tourmaline, de quartz, de mica blanc, de fer oxydulé; elles sont dans certains cas disposées en couches concentriques. La staurotide présente des formes polyédriques assez nettes (Pl. II, fig. 3). Elle est fréquemment maelée, mais la macle en croix par pénétration est rare; le plus souvent il y a simple juxtaposition. Certains

cristaux présentent un clivage net; mais en général il n'y a que des cassures irrégulières; d'une teinte jaune, la staurotide est très polychroïque. Comme inclusions on y rencontre le mica blanc, le fer oxydulé, le quartz; les inclusions siliceuses se remarquent par leur forme à contours arrondis, mais très sinueux de façon à présenter des parties rentrantes très prononcées.

FIG. 4.



Inclusion de quartz dans la staurotide.

La staurotide donne naissance en se décomposant à un minéral fibreux incolore (Pl. II, fig. 4), donnant en lumière polarisée des couleurs aussi vives que le mica blanc. Les fibres sont généralement perpendiculaires aux clivages dans lesquels se concentre une substance ferrugineuse.

L'andalousite presque aussi abondante que le grenat se rencontre dans presque toutes les préparations, quelquefois en grandes plages mal délimitées, mais le plus souvent en plages de dimensions restreintes. Elle est toujours incolore dépourvue de polychroïsme, et les clivages ne se montrent que sur des parties restreintes des plages et sont indiqués par des inclusions ferrugineuses.

Les gneiss du troisième étage forment trois bancs principaux intercalés dans les micaschistes et une assise épaisse de 500 mètres les surmontant. Une recherche attentive permet en outre de constater l'existence, au milieu des micaschistes, de bancs de faible épaisseur et sans continuité, mais ne permettant pas de séparer les gneiss des micaschistes. Les bancs de gneiss ont été rompus en trois tronçons par les failles qui suivent les vallées de Collobrière et de la Molle, et chaque tronçon a été

reporté d'autant plus vers l'ouest qu'il est situé plus au nord. Nous reviendrons plus loin sur ce fait. Ces gneiss paraissent d'ailleurs former des lentilles au milieu des micaschistes. Cette forme s'observe dans les bancs de peu d'étendue et peut probablement être attribuée au plus épais qui, comme le fait remarquer M. Bertrand, est déjà moins épais à l'île du Levant.

Ces gneiss sont d'aspect assez variable, mais toujours très riches en silice. A Cogolin, ce sont des gneiss gris contenant 74 % de silice. Ceux de la Garde-Freinet en contiennent jusqu'à 75 % et sont souvent presque blancs. Les gneiss de Bormes renferment de grands cristaux de feldspath.

Dans le gneiss de Cogolin les éléments prédominants sont le microcline et le quartz. Comme éléments de première catégorie, interviennent le mica noir, n'offrant aucune particularité, le microcline en grandes plages, simplement moirées en général et ne présentant qu'en certains points les macles rectangulaires caractéristiques; l'oligoclase et le quartz ne sont qu'à l'état de cristaux accessoires (Pl. II, fig. 4).

Comme éléments de seconde catégorie, se trouvent du feldspath, très sali par les inclusions, certains cristaux se rapportent au microcline; le quartz très abondant en granules très petits pénétrant tous les éléments précédents. Dans certains cristaux de microcline, ce quartz, en grande quantité, constitue avec le feldspath, une véritable micropegmatite.

Les gneiss de la Garde-Freinet contiennent toujours du mica blanc, absent dans celui de Cogolin. Ce minéral leur donne un aspect qui les distingue nettement du gneiss gris. Au microscope on reconnaît le microcline en cristaux allongés parallèlement à la schistosité de la roche, mais à faces plus ou moins corrodées par les granules de quartz. Celui-ci, élément prédominant de la roche, est fréquemment en cristaux lenticulaires orientés comme les cristaux de microcline. Enfin suivant les points, le mica blanc et le mica noir se montrent en plus ou moins grande abondance. Le dernier est assez fréquemment transformé en chlorite. Nous

voyons donc que, dans cette roche, la schistosité est due à l'aplatissement et à l'orientation de tous les minéraux : le quartz aussi bien que le mica.

Au-dessus des gneiss, viennent les micaschistes supérieurs qui, en certains points, tel qu'au sud-est de Coffobrière, passent aux schistes à sérécite. Ces micaschistes et les amphibolites qui les surmontent présentent un caractère commun permettant de les reconnaître facilement au microscope. Les cristaux sont généralement de petites tailles, et dès qu'ils atteignent les dimensions observées dans les roches inférieures ils sont pénétrés par les autres cristaux au point d'être déchiquetés en plages que l'identité d'orientation optique permet seule de rapprocher.

Dans les micaschistes de la base, les lamelles de mica blanc entre lesquelles se trouvent les lentilles de quartz, chevauchent les unes sur les autres de façon à former des surfaces continues, ce que l'on n'observe pas dans les micaschistes inférieurs. La présence de la sérécite au milieu du mica donne à la roche un toucher onctueux. Ces micaschistes et les schistes à sérécite peuvent d'ailleurs contenir les mêmes minéraux accessoires que les micaschistes inférieurs. Aussi dans certains cas la roche prend-elle une teinte verdâtre provenant de l'abondance de la chlorite.

Les lentilles de quartz sont formées de cristaux de grandes tailles à contours très sinueux ; ils sont moirés en lumière polarisée et renferment de nombreuses inclusions rangées en files. Ces files qui peuvent traverser trois ou quatre cristaux sont quelquefois assez nombreuses pour altérer la limpidité du minéral. Les parties de compositions complexes sont formées essentiellement de quartz granulitique et de mica blanc.

Celui-ci peut se présenter en grandes paillettes n'ayant rien de particulier, et sous cette forme il est accompagné de mica brun. Mais la majeure partie du mica blanc se présente sous forme de paillettes très petites, chevauchant les unes sur les autres, et

qu'il est bien difficile d'isoler même avec de forts grossissements. Quand ces nids de mica blanc sont sectionnés par la lame, à peu près parallèlement à la face p , l'ensemble présente une polarisation d'agrégat. D'ailleurs certains cristaux de mica blanc, par l'individualisation de leurs fibres, et même dans certains cas par l'enchevêtrement de ces fibres paraissent devoir être rapportés à la variété séricite. La chlorite, quand elle existe, est tantôt homogène, tantôt à fibres très nettes; dans les deux cas, très polychroïque, elle est amorphe dans le premier cas et donne des tons mordorés dans le second. L'orthose et l'oligoclase peuvent se rencontrer dans ces roches, mais tout à fait accidentellement.

Outre ces éléments que l'on observe dans tous les micaschistes, d'autres minéraux tels que l'apatite, la tourmaline, le grenat, la staurotide, peuvent entrer pour une part importante dans la roche que nous étudions. L'apatite est en cristaux plus grands que ceux que nous avons observés à la base de l'étage; ses contours sont très nets, mais n'appartiennent pas toujours à des formes polyédriques; elles renferment des inclusions d'un noir brun cylindroïdes, quelquefois rassemblées dans les plans de clivages, mais jamais de façon à dessiner un cristal intérieur. Les autres cristaux se présentent ici avec le même caractère que dans les micaschistes inférieurs; cependant la staurotide, au lieu de présenter des formes polyédriques, a des contours arrondis et les inclusions sont si nombreuses que chaque cristal se trouve divisé en un grand nombre de petites plages n'ayant de commun que leur orientation optique.

Les schistes à séricite très blancs, sont à la fois schisteux et fibreux. Ils peuvent renfermer de gros cristaux de grenat, mais c'est le seul minéral de cet ordre que nous y ayons rencontré. L'examen microscopique les montre, en effet, formés de quartz et de mica blanc intimement mélangés (Pl. II, fig. 3). Ce mica se présente sous forme de fibres très étroites se décomposant en fibrilles et non en lamelles; caractères permettant de le rapporter à la variété séricite. Au milieu de ces deux éléments

sont disséminés de très nombreux petits cristaux de zircon brun jaunâtre. En outre, le graphite est quelquefois assez abondant pour que la roche tache les doigts. Dans ces schistes, sont intercalées des amphibolites qui se distinguent des amphibolites inférieures par le caractère commun aux roches de la partie supérieure de cet étage : la division des éléments. Dans ces amphibolites, en effet, à part le fer oxydulé, l'apatite et le zircon, les éléments essentiels, quartz, feldspath et amphibole, se pénètrent les uns les autres de manière à se déchiquter d'une façon complète : l'orientation optique commune permet seule de rapporter à un même cristal les différentes parties d'une plage d'amphibole disséminées dans une plage de feldspath. Il est à remarquer qu'un certain nombre des grains de quartz, quoique de très petites dimensions sont maclés. Nous avons cherché de la façon suivante à nous rendre compte de la nature de cette macle.

Les deux cristaux maclés produisent un même retard égal à 264; sous la même épaisseur, une section principale du quartz produirait un retard égal à 275; si donc θ est l'angle des normales aux faces des cristaux avec l'axe principal, on a :

$$\sin^2 \theta = \frac{264}{275} \text{ d'où } \theta = 78^\circ 26'.$$

D'autre part, ces faces font avec le plan de macle, un angle de 77° et le plus petit axe d'élasticité, c'est-à-dire la projection de l'axe principal, fait avec la ligne de macle un angle de 2° . Une simple résolution de triangle sphérique permet d'en conclure que la normale au plan de macle fait, avec l'axe principal, un angle de $89^\circ 14'$, c'est-à-dire 90° . Autrement dit, le plan de macle est fort probablement le plan e^2 ; la rotation étant de 180° autour d'une normale à cette face.

Dans ces amphibolites, on observe à Collobrière les lentilles de calcaire rose de 80 centimètres de long environ sur 5 à 6 centimètres de largeur maxima. Ces lentilles, assez rapprochées,

chevauchent les unes sur les autres. La calcite, observée au microscope, ne présente rien de particulier : on constate l'existence des clivages et des macles habituels. De petits grains de quartz sont disséminés au milieu de ces cristaux. Mais la particularité la plus intéressante consiste dans les modifications offertes par les parties vertes de la roche au contact de la calcite : l'amphibole est presque entièrement remplacée par l'épidote en cristaux bien définis et en grains. Ce minéral paraît se rapprocher beaucoup de l'épidote décrite par M. Barrois (1), comme élément des schistes de l'île de Groix.

Les amphibolites de cet étage, accompagnées de lambeaux de schiste à séricite, se rencontrent dans la rade de Cavalaire, elles sont prises dans un pli, comme nous le verrons plus loin, et ont pu ainsi résister aux érosions.

Au milieu des schistes à séricite, se trouve à Collobrière un dépôt de fer chromé, de grenat almandin et de grünerite. Ces substances forment plusieurs couches dont la plus épaisse a 2 mètres et dont l'ensemble a une puissance de 25 à 30 mètres d'après Coquand. D'ailleurs les grenats entrent dans la composition des schistes encaissant en telle quantité qu'ils ne peuvent plus être considérés comme éléments accessoires. Les couches sont parfaitement interstratifiées au milieu des schistes presque verticaux; et tous les géologues se sont accordés à les considérer comme contemporains des schistes.

Cette remarque a une grande importance puisqu'elle nous apprend que le grenat peut, dans certains cas, être contemporain de la roche qui le renferme, et n'être pas dû à une action métamorphique. Le minéral de fer forme des rhombododécaèdres pouvant atteindre un décimètre de diamètre. Quand on les brise, on constate qu'ils sont formés par la réunion de cristaux de grenat réunis par une substance asbestiforme qui a été étudiée par plusieurs minéralogistes.

(1) Ch. Barrois, *Mémoire sur les schistes métamorphiques de l'île de Groix.*

M. Grüner, dans les *Annales des mines*, l'a décrite comme une substance en fines aiguilles d'un gris vert pâle, à éclat soyeux ne donnant point d'eau et ne perdant rien absolument de son poids quand on la calcine au rouge dans un tube de verre. La pesanteur spécifique qui est de 3,743, est plus élevée que celle des épidotes, des amphiboles et des pyroxènes les plus denses.

Son analyse donne :

SiO ² =	0,439
FeO =	0,522
CaO =	0,005
MgO =	0,014
Al ² O ³ =	0,019
	0,996

M. Descloizeaux, qui donne à ce minéral le nom de *grünérite*, le considère comme une amphibole, opinion confirmée par les recherches de M. Lacroix (1). Il présente deux clivages suivant m , $mm = 124^{\circ}$ environ. Le plan des axes optiques est le plan g^1 . La bissectrice négative fait un angle de 44 à 45° avec une normale à h^1 .

$2 E = 95^{\circ}$ environ.

$\rho < \nu$ avec une dispersion inclinée faible.

Pléochroïsme sensible quoique faible.

Macles, suivant h^1 avec axe de rotation perpendiculaire, nombreuses et rappelant, par le grand nombre de lamelles hémotropes, les pyroxènes magnésiens artificiels.

Biréfringence considérable, $n_g - n_p = 0,056$.

(1) Lacroix, *B.S.M.*, t. IX.

QUATRIÈME ÉTAGE

PHYLLADES

Le quatrième étage comprend des phyllades en continuité si parfaite avec les micaschistes de l'étage précédent qu'il est souvent bien difficile d'établir la position de la ligne de séparation. Leur aspect extérieur et la présence dans leur masse de substances amorphes, leur donnent un caractère sédimentaire qui s'accroît à mesure que l'on s'élève. Aussi, malgré l'absence de cailloux roulés ou d'éléments détritiques de grande dimension, croyons-nous devoir le rapporter à l'archéen.

À la base, ces phyllades présentent un aspect un peu différent suivant qu'on les observe au nord ou au sud du massif. Au nord, elles ont une couleur gris fer ou noir de fonte; les feuillets sont très minces, très pressés et peu continus; en outre, ils sont comme frippés parallèlement à une même direction, ce qui donne à la roche une apparence striée. Au sud, à Toulon par exemple, où on observe encore les phyllades inférieures par suite du mouvement d'exhaussement de la côte, elles sont d'un vert pâle, se composent de feuillets cassants, parallèles, presque linéaires, fréquemment plissés et présentant une structure fibreuse. Au milieu de ces phyllades se trouvent interstratifiés de nombreux lits de quartz blancs d'un centimètre d'épaisseur en moyenne.

Au microscope, nous voyons dans ces phyllades, s'accroître l'affaiblissement, déjà constaté dans l'étage précédent, de la puissance de cristallisation. Les phyllades vert clair se montrent comme formées d'un agrégat de substances de nature incertaine; un fort grossissement permet cependant de préjuger la nature quartzeuse de certains grains. Au milieu de cet agrégat, sont alignés de nombreux granules charbonneux qui peuvent obscurcir la préparation. On y distingue en outre de nombreux cristaux allongés et alignés de séricite de dimensions si exigües qu'on pourrait les comparer à une fibre unique d'un cristal de ce minéral (Pl. II, fig. 6).

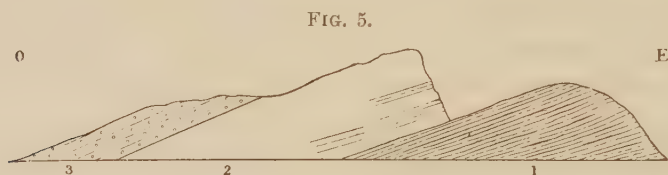
Les phyllades gris fer se montrent formées de feuillets, les uns identiques comme structure à la roche précédente, les autres entièrement cristallisés et ne présentant aucune différence avec les schistes à sérécite (Pl. III, fig. 4). Il y avait donc alternativement diminution et recrudescence dans la puissance de cristallisation. Cette recrudescence s'est d'ailleurs produite sur de plus grandes masses. C'est ainsi que de Mercey a découvert au Fenouillet-d'Hyères des phyllades à otrérites presque entièrement cristallisées. La roche présente un fond blanc siliceux sur lequel se détachent des cristaux vert foncé d'otrélite. Ces cristaux striés ont généralement la forme de secteurs assemblés par quatre.

Au microscope, les cristaux d'otrélite se présentent en sections prismatiques réunies en faisceaux. Les traces de clivage parallèle à la longueur des sections sont très nettes. Le polychroïsme est très marqué; les cristaux incolores ou à peine verdâtres deviennent vert d'herbe ou vert bleu après une rotation de 90°. La double réfraction sans être très forte, est cependant bien marquée; les teintes sont le bleu verdâtre ou le jaune; les cristaux sont maclés et présentent des lamelles hémitropes semblables à celles des feldspaths. Ces cristaux sont souvent imprégnés de granules d'une substance ferrugineuse amorphe qui paraît même s'y être rassemblée. Ils sont plongés dans la masse de la roche formée de quartz microgranulitique à éléments parfaitement individualisés. Ce quart corrode même les cristaux d'otrélite dont certaines des fibres produites par les clivages sont remplacées par de petits cristaux rectangulaires de quartz. Ce minéral se retrouve d'ailleurs, quoique en cristaux moins nets dans toute l'épaisseur des phyllades.

Enfin, superposées à ces phyllades et terminant la série, s'observent des schistes argileux noirs, en tout semblables à des ardoises; en certains points, ces schistes renferment des lits et rognons de quartz; mais ce quartz paraît dans ce niveau présenter une tendance encore plus prononcée à se séparer des silicates qu'au niveau des phyllades. De Saussure cite comme

provenant de ces schistes, un bloc de quartz de 20 à 25 pieds de hauteur qu'il a observé dans la presqu'île de Giens ; mais le cas le plus frappant est celui présenté par le quartzite de Pierrefeu surmontant les phyllades et supportant un conglomérat de la base du permien. C'est au milieu de ces ardoises que de Saussure a signalé un banc de calcaire.

« Les rochers à l'ouest de la presqu'île de Giens sont de pierre calcaire grenue, d'un gris bleuâtre, d'un grain médiocrement grossier et assez brillant, avec des veines de spath blanc mélangé de quartz. Ces veines sont inégalement épaisses, mais toutes parallèles aux couches de la pierre. Celles-ci sont tourmentées comme celles des schistes argileux. »



Coupe de la butte de Pierrefeu.

1. Phyllades archéennes — 2. Quartzite — 3. Conglomérat du permien inférieur.

On voit que dans ce quatrième étage la cristallisation est d'autant moins avancée que l'on se rapproche du sommet. Dans les micaschistes et les schistes à sérécite, une espèce minéralogique au lieu de former de grands cristaux isolés en forme un grand nombre de petits réunis. Les phyllades entre les nicols ne produisent plus qu'une polarisation d'agrégat qui disparaît elle-même dans les schistes précambriens.

Résumé.

En résumé la série cristallophyllienne des Maures et de l'Estérel, considérée dans son ensemble, comprend à sa base des gneiss granitoïdes dans lesquels le quartz n'est qu'un élément rare, puisque la roche possède une teneur en silice comparable à celle des feldspaths qu'elle renferme.

Au dessus viennent des gneiss dans lesquels la silice augmente de plus en plus jusqu'à atteindre 80 %. Puis dans les roches suivantes, la teneur en silice se maintient près de 75 %, mais ce qui diminue graduellement, c'est la quantité des bases capables de former des silicates riches en silice. Aussi la silice s'isole-t-elle peu à peu; elle forme d'abord des lentilles microscopiques; celles-ci augmentent graduellement de façon à former des lits continus, puis des amas épais.

En même temps que la quantité de base s'abaissait, la puissance de cristallisation diminuait. Pendant la formation du premier, du second et du troisième étage jusqu'aux gneiss supérieurs, cette puissance semble être restée constante. A partir de ce point, elle diminue progressivement : d'abord les substances minérales au lieu de se rassembler pour former de grands cristaux, ne se séparent plus et forment de petits cristaux enchevêtrés. Les dimensions de ceux-ci diminuent peu à peu; on passe à des roches dans lesquelles l'état cristallin n'est décelé que par la présence de points éclairés entre les nicols à angle droit. Puis ceux-ci disparaissent et l'on parvient ainsi à des roches formées exclusivement d'éléments amorphes et présentant tous les caractères de roches sédimentaires.

Dans l'étude des roches entièrement cristallines et particulièrement dans les gneiss, nous avons été amenés à distinguer deux sortes d'éléments. De même que dans les roches éruptives, on peut reconnaître les éléments de première consolidation et ceux de seconde, de même nous avons séparé dans les gneiss, les éléments de première catégorie des éléments de seconde. Ceux de première catégorie présentent les mêmes caractères que les éléments de seconde consolidation du granite; ils sont en grandes plages; les inclusions sont nombreuses, le quartz et le feldspath présentent fréquemment un aspect moiré dû à des différences d'orientation dans les diverses plages. Ceux de seconde rappellent au contraire les éléments de seconde consolidation des granulites. Le quartz en particulier est limpide, nettement orienté comme si les diffé-

rentes plages du quartz de première catégorie s'étaient isolées pour former autant de granules.

Quant aux relations de ces deux catégories d'éléments, on ne saurait mieux les comparer qu'à celles des éléments déchiquetés de certaines arkoses, relativement au quartz en granules formant ciment.

Il est à remarquer que les cristaux de première catégorie qui constituent la partie de beaucoup dominante, quand la teneur en silice est relativement faible, diminuent quand celle-ci augmente, de telle sorte que les éléments de deuxième catégorie finissent par former la roche presque seuls; de même que dans les arkoses, on voit les éléments déchiquetés diminuer, et la roche n'être plus formée que de ces granules de quartz qui jouaient le rôle de ciment dans l'arkose proprement dite.

En un mot, entre la teneur en silice et la structure existe dans les gneiss la même relation que dans les granites et les granulites. Quand on passe en effet des granites aux granulites, on voit, en même temps que la teneur en silice augmente, les grands cristaux de seconde consolidation se décomposer en cristaux plus petits.

Il serait évidemment du plus haut intérêt de comparer la succession des assises dans les Maures avec celle observée dans les autres régions. Malheureusement les comparaisons faites d'après des descriptions, quand il s'agit de roches aussi variables que les gneiss et micaschistes, laissent bien à désirer et conduisent presque infailliblement à des résultats erronés.

Cette comparaison montre cependant, une fois de plus, que les rapprochements ne peuvent être faits qu'entre des ensembles d'assises et ne peuvent se poursuivre jusqu'à ces assises elles-mêmes. C'est certainement avec les roches cristallophylliennes de l'Oisans que les roches des Maures présentent le plus de points communs dans leur superposition.

Dans l'Oisans, en effet, M. Lory a distingué :

1° Gneiss granitoïde des Étages;

2° Gneiss et micaschistes grenus de Saint-Christophe;

3° Gneiss et micaschistes alternant avec des amphibolites et des couches calcaires de Pont-Saint-Guillaume;

4° Schistes chloriteux et schiste à sérécite d'Allevard.

Le premier étage peut être comparé aux gneiss de Garron et d'Arélan; le second aux gneiss leptynitiques et micaschistes de notre second étage; de même les troisième et quatrième étages de l'Oisans peuvent être mis en parallèle avec les troisième et quatrième des Maures.

Notre troisième étage est, en effet, formé de gneiss, micaschistes, amphibolites avec lentilles calcaires. Mais tandis qu'en Provence, l'épaisseur des amphibolites est à peine de 100 mètres, ces roches prennent de très grands développements dans l'Oisans.

Quant au quatrième étage, sa cristallisation paraît plus avancée dans les Alpes que dans les Maures. Ici, en effet, les phyllades archéennes contiennent bien de la sérécite et du quartz, mais l'élément amorphe l'emporte de beaucoup sur l'élément cristallin. Il est enfin à remarquer, à propos de ces deux étages, que la chlorite si abondante dans l'Oisans fait presque défaut dans les Maures.

II

SERPENTINES

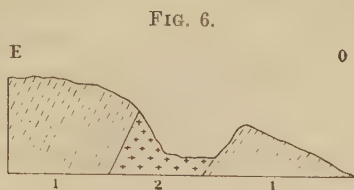
C'est au milieu des micaschistes du second et du troisième étage que se trouvent les serpentines en masses peu importantes. L'une d'elles forme dans la rade de Cavalaire un mamelon dépendant de la chaîne qui longe la côte; le second gisement se trouve près de la Molle, sur la rive droite de la rivière de ce nom; le troisième près de l'ancienne chartreuse de la Verne. Enfin Coquand et M. Zürcker ont signalé des gisements encore moins importants de cette roche aux environs de Plan-de-la-Tour, sur la route allant de ce village à la Garde-Frénét.

Ces serpentines sont citées par Élie de Beaumont dans son explication de la carte géologique; il en donne une rapide description macroscopique, indique l'asbeste et le fer chromé comme minéraux l'accompagnant, et enfin les compare aux serpentines du sud-ouest des Vosges.

Coquand passe aussi rapidement sur ces serpentines. Il fait remarquer que l'asbeste, minéral accessoire dans les serpentines de la Molle et de Cavalaire, devient dominant dans celles de la Verne. Il cherche, en outre, à établir l'âge de ces roches qu'il considère comme éruptives en s'appuyant sur ce qu'un filon de mélaphyre triasique coupe la serpentine de Cavalaire. Villeneuve de Flayosc fait simplement remarquer la proximité des gisements de serpentine de ceux des amphibolites.

Les relations des serpentines avec les micaschistes sont assez incertaines, principalement à Cavalaire où le mamelon fait saillie

au milieu des micaschistes. A la Molle cependant elles paraissent assez nettement interstratifiées, comme l'indique la coupe ci-jointe de la carrière.



Coupe de la carrière des serpentines de la Molle.

1. Micaschistes à minéraux — 2. Serpentines.

La roche est identique dans ces deux gisements. D'un vert foncé, presque noir, elle est traversée par des veines parallèles de chrysotile; celle-ci d'un vert d'herbe clair, offre une structure finement fibreuse, à fibres perpendiculaires aux surfaces des veines. Cette chrysotile donne naissance par décomposition à une substance friable, d'un blanc jaunâtre, onctueuse au toucher et dans laquelle la structure fibreuse est plus marquée que dans la chrysotile. Le peu de résistance de cette substance asbestiforme détermine dans la serpentine des plans de cassure qui la rendent impropre à la construction. Au milieu de la masse serpentineuse, on observe des cristaux quelquefois isolés, mais généralement réunis en nids; ce sont fort probablement les cristaux décrits par M. Descloizeaux comme se rapprochant beaucoup de la thermophyllite de Nordenskiöld.

L'étude microscopique nous offre trois sortes d'éléments :

1° Les éléments cristallisés enveloppés par le magna serpentineux ;

2° Le magna serpentineux, comprenant le magna proprement dit, les veines de chrysotile, le fer oxydulé et le fer chromé ;

3° Des granules cristallisés développés dans le magna.

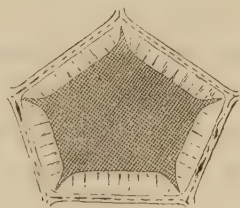
Les éléments cristallisés appartiennent à la bronzite ou à des variétés de cette espèce. Englobés par le magna serpentineux et

corrodés par lui, ils ont des contours nets et ne présentent pas de zone de passage de la partie centrale cristallisée à la substance amorphe. Ces éléments sont de deux sortes. Les uns incolores en lumière naturelle et dépourvus de dichroïsme, sont presque éteints en lumière polarisée; une légère coloration en jaune brun ne se voit qu'avec beaucoup d'attention. Ces cristaux présentent un clivage très net, et quoiqu'il n'y ait pas de direction d'allongement favori, s'éteignent toujours parallèlement aux traces de clivage. Ils sont donc uniaxes ou faiblement biaxes, l'axe unique ou la bissectrice étant perpendiculaire au plan de clivage. Il suffit, par suite, de déterminer le signe de la section principale perpendiculaire aux traces de clivage pour constater qu'ils sont positifs. Les seconds cristaux sont très fibreux et forment des lamelles très déchiquetées. Réunis en paquets, ils s'enchevêtrent les uns dans les autres. D'un brun gris avec un léger dichroïsme, ils prennent en lumière polarisée des teintes multiples, dues à l'individualité des fibres. La ligne d'extinction ne fait jamais qu'un angle très faible avec les traces de clivage; ils sont négatifs.

Le magna serpentineux est formé par l'agglomération de petits solides polyédriques à faces courbes, ayant sensiblement les mêmes dimensions dans toutes les directions. En les examinant en plaques minces on peut constater qu'ils sont séparés par des traînées d'une substance plus réfringente, d'un blanc lumineux en lumière polarisée, de la chrysotile probablement. Dans ces traînées sont rassemblés les granules de fer oxydulé et de fer chromé. Ce dernier présente tous les caractères physiques du premier, caractères qu'il conserve après une attaque par l'acide chlorhydrique. Dans les granules résistant à cette attaque, il y a probablement mélange isomorphe des deux substances; les caractères physiques du fer oxydulé plus accentués cachent ceux du fer chromé, dont la présence se constate facilement au chalumeau. Quant à la partie centrale des petits solides, limitée par deux faces planes artificielles, elle s'éteint entre les nicols, à 90° ; le pourtour au contraire, limité

par des surfaces courbes, s'éclaire légèrement dans les mêmes conditions.

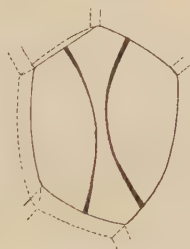
FIG. 7.



Coupe d'un solide serpentineux entouré d'une couche de chrysotile dans laquelle sont rassemblés les grains de fer oxydulé (nicols à 90°).

Si on observe la roche en lames assez épaisses pour que certains solides conservent leurs faces naturelles, ceux-ci présentent les lignes achromatiques noires des cristaux biaxes. La face inférieure fait alors fonction de lentille convergente et la face supérieure de lentille collectrice. Aussi la régularité des lignes achromatiques varie-t-elle avec celle de ces surfaces.

FIG. 8.

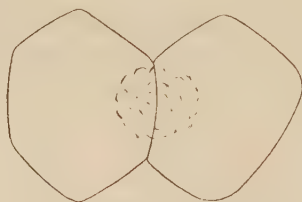


Solide serpentineux entier en lumière parallèle.

Cette action sur la lumière polarisée résulte de différences d'élasticité qui se sont produites lors de la solidification du magna; si les parties limitées par des faces planes restent éteintes, cela tient à ce que le microscope ne reçoit que les rayons ayant traversé normalement la lame et que par suite la différence de marche devient insuffisante pour déterminer la polarisation chromatique.

Dans certaines parties du magna, on peut observer des granules arrondis plus ou moins agglomérés entre eux et suffisamment petits pour ne pas être atteints par les sections planes inférieures et supérieures de la lame; aussi leur détermination est-elle difficile. Ils présentent des teintes très vives et très limpides et se dissolvent rapidement dans l'acide chlorhydrique. Nous croyons devoir les rapporter au péricot. D'ailleurs c'est surtout leur relation avec les autres éléments de la roche, qu'il importe de considérer. Ils rongent les éléments cristallisés et les solides serpentineux; fréquemment un amas de ces granules empiète à la fois sur deux de ces solides. Ils offrent, en un mot, toutes les apparences de granules plus récents que les cristaux et que les solides serpentineux; ils ont dû se former aux dépens du magna après sa division en solides.

FIG. 9.



Amas granuleux de péricot entamant deux solides serpentineux.

La roche assez complexe qui vient d'être décrite, après en avoir séparé le fer oxydulé et le fer chromé, a présenté la composition suivante :

SiO ²	41,65
MgO.....	36,96
FeO.....	4,91
HO.....	46,48
	100,00

De cette étude il semble résulter que les cristaux de bron-zite se sont formés les premiers au milieu de la masse d'un

silicate de magnésie qui en se solidifiant s'est divisé en petites masses concrétionnées. En dernier lieu se sont formés les granules de péridot aux dépens du silicate. Dans ces serpentes en effet, on ne peut établir de relation entre la division de la masse et la décomposition de cristaux préexistants. Dans certaines de ces roches, provenant d'autres gisements, on voit, il est vrai, le magna divisé par les cassures du péridot. Mais il ne faut pas oublier que dans ce cas, la division est très irrégulière; cette irrégularité provient peut-être de ce que les divisions du magna considérées comme identiques ont deux origines différentes.

Dans les roches péridotiques, même bien conservées, on constate fréquemment la transformation du péridot en serpentes le long de ses cassures. Qu'y aurait-il d'étonnant à ce que dans les serpentes le péridot, par suite d'actions secondaires, soit retourné à l'état de serpentine? Il serait alors bien difficile de distinguer la serpentine qui a passé par l'état péridot de la serpentine primitive, le système de division provenant des cassures du péridot du système provenant de la solidification de la masse serpentineuse.

L'étude des serpentes des Maures nous amène donc à considérer ces roches non comme le résultat de la décomposition d'une autre roche, mais comme un amas de silicate de magnésie primitivement amorphe qui a cristallisé en partie et qui par solidification s'est divisé en masses concrétionnées.

On ne saurait d'ailleurs refuser une certaine importance à ce fait que le fer chromé et l'asbeste que l'on trouve dans la serpentine sont disséminés en assez grande abondance dans les micaschistes encaissants. Bien plus, à Collobrière, ce fer chromé et ces asbestes forment plusieurs couches parfaitement interstratifiées dans les micaschistes. Tous les auteurs ont considéré ces couches comme contemporaines de ces micaschistes, et la même date de formation peut être assignée à la serpentine.

Quoique, à notre avis, les serpentes soient contemporaines des roches cristallophylliennes, nous reconnaissons volontiers

que l'argument tiré de la présence de rognons de fer chromé dans la serpentine des Carrades et de la présence de l'asbeste en grande quantité dans le gisement de fer chromé de Collobrière n'est pas concluant.

Il y a donc lieu de chercher, en admettant l'origine éruptive de ces roches, à quelle époque elles firent irruption. Nous n'avons pour résoudre la question qu'une seule donnée, mise en lumière par Coquand. Cet auteur fit, en effet, la remarque qu'aux Carrades la serpentine est traversée par un filon de porphyrite. Comme ces roches sont contemporaines du permien supérieur, il en résulte que les serpentines datent de l'ère primaire. Ce résultat concorde d'ailleurs avec ceux obtenus par Dieulafait dans l'étude des serpentines de Corse; celles-ci seraient antérieures à la zone à *Avicula contorta*.

III

GRANITE

Le granite forme dans les Maures un massif dont les contours ont été délimités par MM. Fouqué et Bertrand. La partie la plus importante de ce massif occupe l'axe du pli anticlinal dû au soulèvement des Maures; elle est donc dirigée sensiblement du nord au sud. Elle forme le versant nord des Maures entre Roquebrune et le Muy; puis descend en présentant une largeur variant de 4 à 5 kilomètres jusqu'au hameau des Vernades; le granite s'est fait jour au milieu des gneiss leptynitiques du deuxième étage. A l'est de Cogolin se trouvent deux îlots de ce granite, îlots dont l'importance n'est pas comparable au massif supportant Plan-de-la-Tour.

On rencontre l'un d'eux en suivant le sentier qui conduit de Cogolin à la mine d'Argentière, peu après avoir passé ce dernier point. Le second forme la crête de la quatrième chaîne de collines que nous avons distinguée dans les Maures, depuis Cogolin jusqu'à la Molle. Sur la rive gauche de la Molle cet îlot est traversé par la coulée de basalte qui surmonte le village de la Molle.

Élie de Beaumont indique simplement l'existence de ce granite. Coquand y signale l'existence de grands cristaux hémitropes de feldspath blanc et son mode de décomposition en couches concentriques formant des sphères contiguës à noyau résistant.

De Villeneuve-Flayosc ne parle du granite que pour expliquer le rôle qu'il lui attribue dans le soulèvement de la région. D'après lui le granite, sous l'action des forces internes, aurait soulevé les roches cristallophylliennes et les aurait traversées.

L'époque de l'éruption ne peut être déterminée d'une façon

précise, les points de repère font défaut. Toutefois, comme il occupe l'axe du pli anticlinal, tout porte à croire qu'il est contemporain de la formation de cet axe ou qu'il est postérieur. Dans les deux cas, l'éruption s'est produite depuis le dépôt des phyllades cambriennes qui ont participé au soulèvement. D'autre part ce granite est antérieur au dépôt houiller qui repose sur lui. L'étude de la région ne permet pas de resserrer davantage les limites entre lesquelles se trouve comprise l'époque de l'éruption.

Le granite de Plan-de-la-Tour est un granite blanc porphyroïde. Il renferme en effet des cristaux d'orthose blanc dont la longueur peut atteindre 1 décimètre avec une épaisseur de 1 à 2 centimètres. Ces cristaux présentent la macle de Carlsbad, sont aplatis suivant g^1 et leur section est généralement rectangulaire; ils renferment fréquemment des lamelles de mica. On distingue en outre à l'œil nu les éléments habituels des granites, quartz, feldspath et mica noir. Ce dernier est assez souvent transformé en chlorite; celle-ci est non seulement en paillettes, mais elle s'est encore infiltrée entre les autres cristaux et donne ainsi à la roche une teinte verte presque uniforme.

L'examen microscopique nous révèle deux sortes d'éléments : les uns présentant une structure granitique, les autres une structure granulitique, et même microgranulitique. Ces derniers disposés en trainées disloquent et corrodent les premiers.

Parmi les éléments granitiques, les uns présentent les caractères des cristaux de première consolidation du granite; tels sont le mica noir englobant des cristaux d'apatite assez rares; l'oligoclase, offrant des zones concentriques, maculé suivant la loi de l'albite, celle du péricline et celle de Carlsbad, soit dans la même plage, soit le plus souvent dans des plages différentes du même cristal. L'orthose de première consolidation est rare; mais il ne faut pas oublier que vu leurs grandes dimensions, les cristaux d'orthose ne se trouvent pas dans les préparations. L'orthose au contraire domine comme cristaux de deuxième consolidation, c'est-à-dire en grandes plages arrondies; le microcline accompagne l'orthose. Tous ces éléments renferment

du quartz de corrosion qui, sur bien des points, se montre en continuité avec les traînées de quartz granulitique. Le quartz en grandes plages granitiques est excessivement rare. Certaines plages, qui paraissent au premier abord se rapporter à cette catégorie se décomposent quand on fait tourner la préparation en un grand nombre de petites plages dont les orientations sont à peine différentes. Certaines de ces plages secondaires ont des contours nets; d'autres au contraire sont confluentes. Ces grandes plages paraissent donc être le résultat d'une tendance du quartz granulitique à se transformer en quartz granitique lorsque la présence d'autres éléments n'y met pas d'obstacle.

Les cristaux de structure granulitique sont le quartz et l'orthose, ce dernier en faible proportion. Ils sont disposés en traînées s'insinuant entre les cristaux en grandes plages. La roche présente en un mot l'aspect d'un granite injecté de microgranulite, sans vouloir en conclure que l'injection se soit produite. La grandeur du massif de granite nous paraîtrait constituer une grave objection à cette théorie. La présence de plages intermédiaires aux plages granitiques et aux plages granulitiques semble plutôt indiquer que la puissance de cristallisation s'est trouvée insuffisante pour mener la roche jusqu'au stade granitique complet.

La haute teneur en silice 74,58 % mérite d'être remarquée et comparée à celle du granite de Baveno qui est de 74,82 d'après Bunsen. Le quartz de ce dernier granite est d'ailleurs également granulitique.

Le granite est presque complètement entouré par une auréole microgranulite blanche, qui pénètre très avant dans sa masse en filons d'épaisseur fort variable. Cette roche plus récente que le granite et antérieure au terrain houiller passe dans certains filons à la pegmatite à grands éléments; mais la masse est formée, comme le montre le microscope, de quelques cristaux d'orthose, d'oligoclase et de mica, noyés dans un magma de quartz microgranulitique et corrodés par lui. Elle présente en un mot tous les caractères d'une microgranulite typique (Pl. III, fig. 2).

IV

GRANULITES

La granulite forme des masses importantes dans les Maures et dans l'Estérel.

Dans les Maures, elle constitue principalement une partie de la pointe de Saint-Tropez, la pointe de Camarat et une partie du cap Lardier. On la retrouve sur la route de Cogolin à la Garde-Frénét où elle fut signalée par Élie de Beaumont. A son contact, la cristallinité est en partie cachée par la présence de matières charbonneuses. « Ce fait curieux est bien singulier, dit-il; car il semblerait prouver que le granite graphique loin d'avoir exercé une action métamorphique, a au contraire prévenu celle qui, dans une foule d'autres points, a changé le schiste argileux en micaschiste. »

C'est principalement sous la variété pegmatoïde que se présente cette granulite. Elle est blanche et formée de gros cristaux de feldspath et de quartz constituant rarement une pegmatite graphique. A Saint-Tropez, cependant, le mélange des éléments est plus intime et la roche se présente avec l'aspect et les caractères de la granulite blanche si souvent décrite. Dans l'Estérel on retrouve la granulite sous cette variété blanche, mais le massif le plus important est formé de granulite rose au nord de Bagnols. Ce massif qui s'étend suivant une ligne est-ouest se divise en deux masses, l'une à l'est, l'autre à l'ouest, réunies par une bande large d'un kilomètre environ que l'on traverse en allant de Bagnols à Saint-Paul.

Cette granulite se fait jour à travers les micaschistes inférieurs et supporte au nord, soit le grès bigarré, soit le muschelkalk.

Elle envoie à travers les micaschistes des filons étroits de 8 centimètres environ et pouvant atteindre 40 à 45 mètres de long. On peut observer certains de ces filons dans le ravin de Bagnols quoiqu'il soit à 4,500 mètres du massif de la roche. Pour déterminer l'âge de cette roche nous n'avons qu'un seul fait : la présence de nombreux galets de cette granulite dans les assises houillères du Reyran qui, comme nous le verrons, doivent être placées au niveau des couches de Saint-Étienne.

Cette granulite compacte dans presque toute sa masse, est cependant feuilletée en certains points et les feuillets sont contournés; cet état se remarque d'ailleurs aussi bien au milieu du massif, c'est-à-dire loin des micaschistes, qu'au contact de ceux-ci. C'est une roche à gros éléments, c'est-à-dire qu'à l'œil nu on distingue sans peine le quartz, le feldspath, le mica blanc et la tourmaline. Celle-ci en cristaux de même dimension que les autres minéraux est si abondante qu'elle constitue un élément essentiel de la roche au même titre que le quartz. En certains points assez restreints d'ailleurs, les dimensions des cristaux augmentent beaucoup et la roche passe à la variété pegmatite.

L'examen microscopique montre que la tourmaline et le quartz sont les premiers cristallisés; la tourmaline en prismes allongés peut cependant renfermer des inclusions de quartz. Le quartz de première consolidation, aussi rare que la tourmaline, est en cristaux à arêtes complètement émoussées et dont les sections sont arrondies; les angles vifs sont tout à fait une exception. Vient ensuite par ordre de consolidation, une partie de l'oligoclase et du mica blanc. Le premier est en cristaux corrodés et même brisés en fragments séparés et englobés dans les plages de deuxième consolidation. L'orthose appartenant à ce stade est excessivement rare.

Comme cristaux nettement de seconde consolidation se présentent l'oligoclase, l'orthose et le quartz, tous les trois en grandes plages granitoides. Les feldspaths renferment de nombreuses inclusions ferrugineuses donnant à la roche sa couleur et du quartz de corrosion. L'orthose est fréquemment

épigénisé en mica blanc, réparti suivant les clivages en fibres allongées. Dans ce second stade rentrent également du quartz, de l'orthose et du mica blanc à structure granulitique; mais ces éléments à structure caractéristique de la granulite ne constituent qu'une faible partie de la roche où domine la structure granitique.

C'est ainsi que dans le granite porphyroïde de Plan-de-la-Tour le quartz granulitique est beaucoup plus abondant que dans cette granulite.

ÉTUDE

STRATIGRAPHIQUE & PÉTROGRAPHIQUE

Des Terrains houiller et permien
et des Roches éruptives de cette époque.

SOULÈVEMENTS DES MAURES & DE L'ESTÉREL

ROCHES PRIMAIRES

Dans ce chapitre nous étudierons successivement les terrains primaires et les roches contemporaines, c'est-à-dire :

- I. — Terrain houiller.
- II. — Terrain permien.
- III. — Porphyres de Plan-de-la-Tour.
- IV. — Porphyres rouges.
- V. — Porphyres tabulaires.
- VI. — Pyromérides.
- VII. — Porphyrites et dolérites.

Puis nous basant sur cette étude, nous chercherons à déterminer les mouvements qui ont déterminé la formation des montagnes des Maures et de l'Estérel.

I

TERRAIN HOULLER

Aperçu historique.

En 1783, dit Darluc dans son *Histoire naturelle de la Provence*, on commença à exploiter la houille dans la vallée du Reyran, au Prat-d'Auban, à deux lieues au nord de Fréjus. Depuis lors, bien des recherches, bien des tentatives furent faites en vain; et dernièrement encore, on faisait les travaux de nivellement nécessaires à l'établissement d'un chemin de fer devant mettre en communication Fréjus et la mine de Vaux, à 16 kilomètres de Fréjus. Les premières études raisonnées furent faites, croyons-nous, vers 1829 par M. de Villeneuve-Flayose, qui continua ses recherches jusqu'en 1841. En 1832, Élie de Beaumont et Dufresnoy visitaient les Maures et l'Estérel et accordaient une attention spéciale au bassin houiller. Vers la même époque parut un travail de M. Diday, travail qui fut ensuite repris par MM. Dumas et Lanversin, chargés de rechercher les gisements de houille.

A l'exception des rapides observations de Dufresnoy, toutes ces recherches avaient un but pratique, l'exploitation de la houille. Aussi laissant en partie de côté le point de vue géologique, s'attachait-on à trouver de nouveaux gisements de terrain houiller renfermant du charbon. De Villeneuve-Flayose s'est livré à la recherche de nouveaux gisements. Partant des observations faites dans les autres régions et démontrant que les dépôts houillers se sont en général formés dans des lagunes littorales, il longe successivement les montagnes des Maures et de l'Estérel,

et outre les dépôts les plus importants du Reyran et de Plan-de-la-Tour, il indique l'existence de cet étage à Carqueiranne, au Mourillon, à Six-Fours près de Toulon, dans les environs d'Hyères, de Pierrefeu, Collobrière et Roquebrune.

De 1874 à 1877, M. Potier traçant la carte géologique d'Antibes, étudia le terrain houiller de la vallée du Reyran. Il présenta ses résultats à la réunion extraordinaire de la société géologique à Fréjus. Dans cette réunion fut soulevée une question importante. Conduite par M. Potier, la Société avait observé aux environs d'Agay des grès et des schistes qui, par leurs caractères, pouvaient être confondus avec les grès et les schistes du Reyran et dont la flore indiquait cependant un âge permien. Généralisant ce résultat, M. Potier proposait de placer dans le permien les différents dépôts des environs de Toulon et Collobrière, tandis que Coquand défendait la classification de Villeneuve-Flayosc.

La question est bien difficile à résoudre. Le plus souvent les fossiles font défaut et les indications stratigraphiques sont insuffisantes. Tous ces dépôts sont en majeure partie formés de grès blancs très micacés résultant de l'aggrégation des débris arrachés aux roches cristallophylliennes. Entre tous ces dépôts, il n'y a donc au point de vue minéralogique que des différences secondaires. M. Potier fait remarquer que dans le bassin du Reyran, il y a discordance de stratification entre la houille et le permien, discordance qui n'existe pas aux environs de Toulon et de Collobrière. On peut faire deux objections à cet argument; le dépôt du Reyran appartenant à la base du houiller supérieur, les autres dépôts peuvent lui être postérieurs; en second lieu, dans le bassin du Reyran la base du permien fait défaut. A Plan-de-la-Tour, en effet, et à Saint-Nazaire, les assises houillères supérieures à celles du Reyran, supportent en parfaite concordance de stratification les assises permienues et les flores seules permettent de distinguer les deux terrains.

Dans la carte géologique, feuille de Toulon, M. Bertrand a rangé dans le permien inférieur tous les dépôts des environs

de Collobrière et d'Hyères, rapportant au houiller les assises du Mourillon.

La raison de concordance donnée par M. Potier a probablement décidé M. Bertrand à adopter cette manière de voir consistant à ranger dans le permien les couches concordant par la stratification avec les assises permienues, toutes les fois que ces couches ne présentaient pas une flore caractéristique.

En résumé, dans la région des Maures, il est bien difficile, pour ne pas dire impossible, de distinguer le permien inférieur du houiller supérieur. Nous considérerons comme houiller le dépôt de Saint-Nazaire, celui de Plan-de-la-Tour et celui du Reyran.

Dépôt de la vallée du Reyran.

Le dépôt houiller du Reyran que l'on rencontre à 8 kilomètres environ, au nord de Fréjus, s'étend, en suivant une direction du sud 23° ouest au nord 23° est, dans la vallée du Reyran, le vallon des Vaux et la vallée du Briançon (Voir la carte de M. Potier et pl. IX). Il traverse l'Estérel et pénètre par son extrémité dans le massif de Tanneron. Sa longueur est d'environ 45 kilomètres et sa largeur maximum de 2 kilomètres. Des dénudations considérables se sont produites dans ce dépôt. Elles ont déterminé un étranglement très marqué dans la partie sud et la disparition totale du dépôt dans la partie nord, de façon à séparer le dépôt appartenant au massif de Tanneron.

Les couches de ce terrain, prises dans leur ensemble, s'abaissent de l'ouest vers l'est, leur ligne de plus grande pente faisant un angle de 40° avec une ligne menée de l'ouest à l'est. Cette inclinaison est la résultante de deux inclinaisons successives. La première est due à un soulèvement dont l'axe, à peu près parallèle à la direction longitudinale du dépôt, et n'a pas affecté le dépôt permien qui, au sud, repose sur le houiller.

Comme nous l'avons déjà dit, en comparant le dépôt houiller du Reyran aux dépôts du Plan-de-la-Tour et au dépôt de Saint-

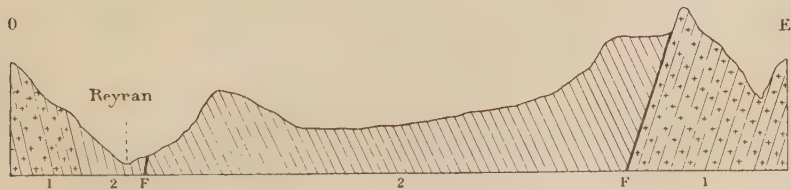
Nazaire, on constate qu'ici les dernières assises du houiller supérieur font défaut; il en est de même des premières assises du permien inférieur, c'est pendant la période correspondant à cette lacune que s'est produit ce premier soulèvement. Quant à la seconde inclinaison, elle est due au soulèvement qui produisit la montagne de l'Estérel.

Chacun de ces soulèvements a déterminé dans le dépôt la formation de failles ayant leurs axes sensiblement parallèles à ceux de ces soulèvements. Les plus importantes ont été produites par le premier soulèvement; leur position a été déterminée par M. Potier. L'une d'elles suit le bord oriental du dépôt et fait buter les assises houillères contre les gneiss, en complète discordance de stratification; la seconde, ayant comme la première son regard occidental, suit les sinuosités du bord occidental, en restant éloignée de ce bord de 300 mètres en moyenne.

Ces deux failles divisent le dépôt houiller en deux régions, la région orientale comprise entre les deux failles et la région occidentale, beaucoup plus étroite, située à l'ouest de la faille occidentale.

Dans la première région, les couches sont peu inclinées si l'on ne tient compte d'un petit nombre d'exceptions; au contraire, dans la seconde, les couches reposant en concordance de stratification complète sur le gneiss présentent une inclinaison dépassant 45° . La coupe schématique suivante indique nettement ces différentes positions.

FIG. 10.



Coupe transversale de la vallée du Reyran.

1. Gneiss leptynitiques — 2. Grès et schistes houillers — F. Faille.

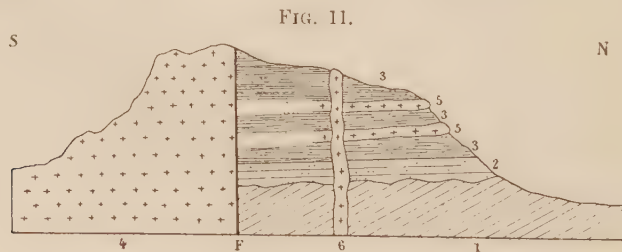
Échelles : long. $\frac{4}{25000}$ haut. $\frac{4}{40000}$.

Outre ces deux failles, on en peut observer beaucoup d'autres, mais elles sont locales et n'auraient d'intérêt qu'au point de vue de l'exploitation.

On voit dans cette coupe que dans les points où on observe les rapports réels des assises houillères et des assises gneissiques, il y a concordance entre les deux. Les gneiss avaient déjà subi un soulèvement lors du dépôt du terrain sédimentaire, puisque les terrains antérieurs font défaut; mais c'était un soulèvement régional, accompagné comme tous les soulèvements, si uniformes qu'ils soient, de soulèvements locaux plus accentués. Ces derniers ont donné lieu en certains points à des discordances de stratification assez marquées.

Le terrain houiller s'est déposé dans une dépression qui est le prolongement du pli synclinal opposé au pli anticlinal des Maures. Il repose sur les roches cristallophylliennes du deuxième étage. A l'est du dépôt, on trouve surtout des gneiss rouges très compacts divisés en bancs épais, presque verticaux, à l'ouest des micaschistes très plissés.

Le dépôt houiller est encore en relation avec les dépôts permians qui le recouvrent dans la partie sud. La comparaison avec d'autres points, indique qu'il y a eu une lacune dans les dépôts; cette lacune est d'ailleurs indiquée par une discordance de stratification représentée sur la coupe suivante dirigée du nord au sud, suivant la ligne de plus grande pente des assises permianes, ligne faisant un angle de 45° avec celle des couches houillères.



Coupe passant entre Auriasque et les Bosons.

1. Grès houillères — 2. Grès permians inférieurs — 3. Schistes rouges — 4. Porphyres rouges — 5. Porphyres tabulaires — 6. Porphyrite.

Cette coupe nous montre en outre que les schistes permien formant falaises au-dessus du houiller, et que si le houiller affleure, c'est grâce à l'action des érosions. Celles-ci ont été arrêtées par les coulées de porphyre interstratifiées. C'est d'ailleurs un fait que l'on constate fréquemment dans l'Estérel, où ces coulées de porphyre dit tabulaire ont limité les actions des eaux et par suite, dessiné des vallées d'érosion.

Au point de vue minéralogique, le dépôt houiller est formé de grès, au milieu desquels sont intercalés des bancs de schistes noirs, d'épaisseur fort variable, quelquefois assez bitumeux pour donner lieu à une fabrication d'huile de schiste.

Les grès d'un gris jaunâtre clair, présentent dans certains bancs un grain uniforme; mais le plus souvent ils renferment des galets roulés les faisant passer à de véritables conglomérats. Ces galets sont empruntés aux roches sous-jacentes, gneiss, micaschistes; beaucoup d'entre eux proviennent du massif de granulite situé près de Bagnols. A l'époque houillère, existait donc déjà un cours d'eau partant de Bagnols et venant se jeter dans le lac houiller, comme le fait aujourd'hui le Reyran.

Ces grès sont formés de cristaux brisés de quartz, d'oligoclase, d'orthose et de mica blancs, réunis par un ciment siliceux ayant cristallisé sur place avec la texture du quartz granitique. Au contact des couches de houille ces grès deviennent fissiles noirs et les paillettes de mica sont orientées. Ce sont ces derniers qui, concurremment avec les schistes, renferment les empreintes de végétaux. Celles que l'on observe le plus fréquemment, déterminées avec la plus grande obligeance par M. Zeiller, sont :

<i>Cordaïtes lingulatus</i>	Gr.'Eury.
<i>Artisia transversa</i>	Artis.
<i>Cordaïcarpus</i>	
<i>Calamites ramosus</i>	Artis?
<i>Asterophyllites longifolius</i>	Stern.
— <i>equisetiformis</i>	Schloth.

<i>Calamostachys longifolia</i>	Weiss.
<i>Pecopteris Candolleana</i>	Brong.
— <i>arborescens</i>	Schloth.
— <i>cyathea</i>	Schloth.
— <i>dentata</i>	Brong.
— <i>Pluckenetii</i>	Schloth?
— <i>lepidorachis</i>	?
— <i>oreoptedia</i>	Schloth?
<i>Alethopteris Grandini</i>	?
<i>Dictyopteris Brongniarti</i>	Guth.
<i>Nevropteris Planchardi</i>	?
<i>Callipteridium ovatum</i>	

Les points d'interrogation se rapportent, bien entendu, à la détermination spécifique.

Les *cordaïtes* paraissent être les végétaux les plus répandus dans ce terrain; leurs feuilles ont laissé des traces sur presque tous les blocs extraits à certains niveaux; mais trop fragmentaires, elles ne se prêtent pas à une détermination spécifique suffisamment rigoureuse. Les feuilles que nous possédons sont identiques à celle figurée dans la *Flore carbonifère de la Loire* de M. Grand'Eury.

Les *artisia* ou moelles des *cordaïtes*, sont après les feuilles les débris les plus répandus.

L'*Asterophyllites equisetiformis* dont nous avons représenté un rameau foliaire (Pl. VI, fig. 7), se rapproche beaucoup de celui représenté par M. Zeiller dans son ouvrage sur les végétaux fossiles du terrain houiller. On y distingue très nettement et les diaphragmes et les stries longitudinales qui ne sont pas marquées dans la figure due à M. Zeiller. Ces côtes longitudinales s'observent aussi très nettement dans l'*Asterophyllites longifolius* (Pl. VII, fig. 4). Les feuilles de celui-ci semblent striées finement et parallèlement comme celles des *Asterophyllites gymnospermes* de M. Grand'Eury.

Le *Calamostachys longifolia* trouvé avec l'*Asterophyllites*

equisetiformis paraît s'en rapprocher si l'on ne considère que la forme des feuilles (Pl. VII, fig. 2).

Le *Pecopteris cyathea* est identique à l'échantillon de la *Flore houillère*. L'échantillon dessiné est fructifié et, probablement par suite de compression, les spores sont rejetées sur le bord des pinnules qui paraissent légèrement crénelées (Pl. VI, fig. 3).

Le *Pecopteris oreopteridia*; identique à l'échantillon présenté dans l'ouvrage de Brongniart, pl. 403, n° 2 (Pl. VI, fig. 6).

L'échantillon de *Pecopteris dentata* se rapproche plus de celui représenté par Brongniart, pl. 424, que de celui figuré dans la *Flore houillère*; les dents du bord de la feuille sont cependant moins accusées que dans l'échantillon auquel on le rapporte (Pl. VI, fig. 2).

Le *Pecopteris Candolleana*, identique à notre échantillon, a été représenté par Brongniart sous le nom de *Pecopteris affinis*; ses pinnules sont en effet largement insérées et ne présentent aucune trace de contraction à leur base (Pl. VI, fig. 4).

Le *Callipteridium ovatum* se rapproche beaucoup du *Callipteridium* représenté par M. Zeiller; nous avons dessiné la partie médiane et l'extrémité de deux pennes, l'une âgée, l'autre jeune, et dont les pinnules n'ont pas encore acquis leur forme définitive (Pl. VI, fig. 4).

Enfin une figure représente un *Nevropteris* qui, d'après M. Zeiller, se rapprocherait d'une espèce nouvelle de Commeny, le *Nevropteris Planchardi* (Pl. VI, fig. 8); un autre, le *Dictyopteris Brongnarti*, n'a pas de nervure médiane, mais une légère dépression à la place de cette nervure (Pl. VI, fig. 5).

La considération des végétaux dont la liste précède, quoique peu nombreuse, permet d'assigner assez nettement la place que doit occuper dans la série stratigraphique le dépôt houiller du Reyrans.

Cherchons en effet, s'il n'existe pas un horizon où l'on puisse trouver simultanément ces différentes espèces.

Le *Cordaïtes lingulatus* se rencontre principalement, d'après

M. Grand'Eury, à Saint-Chamond, à la Chazotte, à Montcel, etc., dans la zone des couches inférieures de Saint-Étienne; c'est-à-dire dans l'étage des cordaïtes, le 3^e du houiller supérieur.

L'*Artisia transversa* se trouve également à la Chazotte.

L'*Asterophyllites equisetiformis* se rencontre à Méons entre la 13^e et 14^e couche, qui entrent toutes deux dans la zone inférieure de Saint-Étienne, à Saint-Chamond; Roche-la-Morlière dans des couches situées au même niveau.

Le *Calamites ramosus* se rencontre à Grand-Croix, dans l'étage intermédiaire à l'étage de Rive-de-Gier et à l'étage stéphanois.

Le *Pecopteris Candolleana* est à peu près caractéristique du houiller supérieur. Ses débris sont en particulier répandus dans les couches du Marais à Commentry; du bassin de Langeac qui, d'après M. Grand'Eury, sont synchroniques du stéphanois inférieur; de Bessèges, de Prades, légèrement inférieures au stéphanois.

Le *Pecopteris arborescens*, qui caractérise les couches inférieures et moyennes du houiller supérieur, a été recueilli à Saint-Priest dans le conglomérat séparant les couches de Rive-de-Gier de celle de Saint-Étienne, à Langeac, à Brassac, c'est-à-dire au niveau du conglomérat, à Bessèges, à Prades, la Grand'Combe, Montet-aux-Moines, ces deux derniers dépôts appartenant à l'étage des cordaïtes; à Épiniac, dans des dépôts immédiatement inférieurs à ceux de Saint-Étienne.

Le *Pecopteris cyathea* a été recueilli au même niveau par M. Grand'Eury, à Reveux dans la 13^e couche de houille; à la Porchère dans la 15^e, à la Roche-la-Morlière, à Grosménil, à Brassac.

Le *Pecopteris dentata* a été observé à Saint-Chamond, la Chazotte, Langeac, Brassac, Prades, Épiniac, déjà cités.

Le *Pecopteris Pluckenetii* a été observé à Grand-Croix, la Porchère dans la 14^e couche, Saint-Priest, Roche-la-Morlière, Bessèges.

L'*Alethopteris Grandini* a été trouvé à Saint-Chamond, Méons,

Chanay dans la 13^e couche, Langeac, Brassac, Bessèges, la Grand'Combe, Prades, Montet-aux-Moines, Épiniac.

Le *Dictyopteris Brongniarti*, à Saint-Chamond et Brissac.

Le *Callipteridium ovatum* est cité comme se trouvant à la Porchère, Langeac, Brassac, la Grand'Combe, Commentry, Montet-aux-Moines.

Nous voyons donc que les plantes du Reyran se retrouvent dans un grand nombre de bassins houillers que M. Grand'Eury considère comme synchroniques de la zone inférieure de Saint-Étienne, ou qu'il place un peu au-dessous. Si nous tenons compte de ce fait, que les plantes précédemment citées sont relativement nombreuses et ne se présentent pas comme des échantillons isolés, et surtout après avoir constaté la prédominance des cordaïtées, nous sommes amenés forcément à conclure à l'identité presque absolue du bassin houiller du Reyran avec la zone inférieure de Saint-Étienne de M. Grand'Eury.

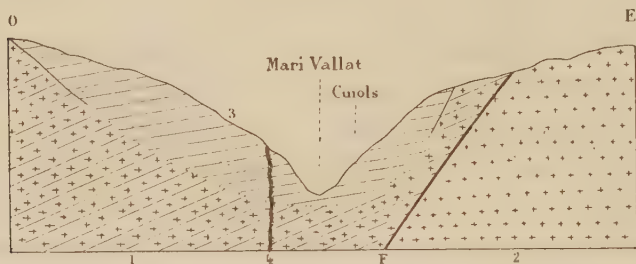
Par suite de ces observations, même en ne tenant compte que des dépôts houillers de la Loire, il y a dans le bassin du Reyran, une lacune correspondant à l'étage des Felicacées et à celui des Calamodendrées de M. Grand'Eury.

Bassin de Plan-de-la-Tour.

Le bassin houiller de Plan-de-la-Tour, moins important que celui du Reyran, s'étend à l'ouest de cette commune, au milieu des Maures, suivant une ligne nord-sud. Dans sa partie nord, il occupe la vallée très resserrée de Marri-Vallat, en commençant un peu au sud du Castel-Diol. Dans sa partie sud, il n'occupe plus le fond d'une vallée, il a participé aux exhaussements du sol; il se prolonge jusqu'au sud du hameau des Vernades. Il s'étend sur une longueur de 10 kilomètres et présente une largeur moyenne de 400 mètres. Les assises houillères reposent à l'est sur le massif de granit de Plan-de-la-Tour, et à l'ouest sur les gneiss leptynitiques; elles sont sensiblement en con-

cordance de stratification avec celles-ci, et comme nous venons de le dire, elles ont participé aux derniers soulèvements de la région; en certains points, elles atteignent une altitude de 340 mètres.

FIG. 12.



Coupe du ruisseau de Marri-Vallat passant par les Cuiols.

$$\text{Échelle} = \frac{4}{40000}$$

1. Gneiss leptynitiques — 2. Granite — 3. Grès et schistes houillers — 4. Porphyre.
F. Faille.

Au point de vue minéralogique, ces assises ne peuvent présenter de véritables différences avec celles du Reyran, puisque, comme ces dernières, elles sont formées de matériaux arrachés aux gneiss. Les grès et conglomérats prédominent sur les schistes; je n'ai pas recueilli d'empreinte de végétaux, mais MM. Grand'Eury et Zeiller, dans leurs ouvrages, en donnent une liste et déterminent la position de ce dépôt dans la série géologique.

Calamites gigas.

Sphenophyllum Thonii.

Pecopteris Biotii.

— *alethopteroides.*

Pecopteris Buchlandi.

— *oreopteridia.*

Cyclopteris reniformis.

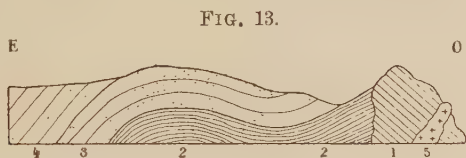
Callipteris conferta.

et M. Grand'Eury ajoute : « Les espèces sont presque toutes du terrain houiller supérieur, cependant un *Callipteris conferta*, sans compter un *Calamites gigas*, suffit pour admettre au Plan-de-la-Tour la présence du *Rothliegende* inférieur. »

Bassin de Saint-Nazaire.

Le terrain houiller forme dans la presqu'île séparant la rade de Toulon, de la rade de Saint-Nazaire, une bande étroite dirigée de l'est à l'ouest. Les assises houillères reposent en discordance de stratification sur des phyllades vertes présentant de nombreuses couches de quartzite; phyllades qui ont été ravinées par les eaux où se déposaient les couches houillères.

Le dépôt houiller est formé à la base de schistes noirs sur lesquels reposent des grès gris ou conglomérats formés par les phyllades. Ces grès paraissent avoir été relevés vers l'est; mais c'est plutôt une apparence, le soulèvement s'étant produit sur la partie des assises située au nord du contact, de façon à former un léger pli anticlinal. Sur les grès gris, reposent en concordance de stratification, les grès rouges permien, comme l'indique la coupe suivante.



Coupe du cap Nègre.

1. Phyllades vertes — 2. Schistes noirs — 3. Grès gris — 4. Grès rouges — 5. Basalte.

Dans les schistes furent trouvées par M. Thiollier les plantes suivantes :

Calamites Suckowii.

— *cistii.*

— *cruciatu.*

Annularia longifolia ou *flo-*
ribunda.

Bruckmania tuberculata.

Wolkmannia gracilis.

Sphenophyllum quadrifidum.

— *dentatum.*

Pecopteris Biotii.

Pecopteris Schlotheimii.

— *Candolleana.*

— *oreopteridia.*

Goniopteris brevifolia.

Goniopteris unita.

Cordaïtes.

Alethopteris ovata.

Conites linearis.

Sigillaria Brardii.

Walchia pinniformis.

« En ce qui concerne le gisement de Saint-Nazaire-du-Var, dit M. Grand'Eury, je dirai que les plantes y révèlent du terrain supérieur houiller si élevé, qu'il doit toucher le terrain permien. »

L'examen stratigraphique de la région confirme entièrement ce résultat paléontologique, puisque les grès rouges nettement permien ne sont séparés des schistes que par une couche de grès gris identiques à ceux que M. Bertrand place à la base du permien.

II

TERRAIN PERMIEN

Le permien occupe une grande place dans la région que nous étudions. A part les dépôts houillers et les formations quaternaires ou pliocènes, de peu d'importance comme étendue, il recouvre toute la région en dehors des Maures et du massif de Tanneron. Autrement dit il est disposé en arc de cercle autour du massif des Maures et prend part à la formation de l'Estérel.

Élie de Beaumont et les auteurs qui l'ont précédé plaçaient le dépôt, ainsi défini par sa situation géographique, dans le trias. De Villeneuve-Flayosc est le premier géologue qui ait reconnu l'existence du permien dans la région. Il plaçait à ce niveau les couches inférieures du dépôt, considérant les couches moyennes comme équivalent du grès vosgien, tandis qu'il rapportait les assises supérieures aux grès bigarrés. En 1877, Coquand, faisant rentrer dans le permien les couches moyennes, considérait encore ces dernières comme représentant le grès bigarré; mais MM. Potier, Lory, Dieulafait déclaraient, avec juste raison, qu'il était impossible de séparer les assises moyennes des assises supérieures, et que toutes devaient être considérées comme permienues.

Quoi qu'il en soit, dans la plaine de Fréjus, M. Potier a pu distinguer trois horizons qu'il désigne sur sa carte par les lettres r_1 , r , et r' . L'horizon moyen r , est formé par des schistes rouges et verts; ces schistes ne caractérisent pas l'horizon moyen, puisqu'on les trouve à tous les niveaux; mais ils n'en forment pas moins au milieu de l'étage une bande qu'il

est utile de séparer afin de pouvoir distinguer chronologiquement les phénomènes éruptifs qui se sont produits pendant l'époque permienne.

Quand on se dirige vers l'est, en se rapprochant de Toulon, ces schistes augmentent d'épaisseur aux dépens de l'horizon supérieur. Aussi M. Bertrand n'a-t-il considéré que deux horizons, l'horizon inférieur r_1 , correspondant à celui de M. Potier, et l'horizon r'_1 englobant les deux horizons de cet auteur. Toutes ces couches, dans la plaine de Fréjus et dans l'Estérel sont soit horizontales, soit inclinées perpendiculairement à l'axe de l'Estérel; mais à partir du Muy, l'influence du soulèvement de l'Estérel ne se faisant plus sentir, elles suivent l'inclinaison générale de la région, c'est-à-dire que leurs lignes de plus grande pente sont parallèles aux rayons du cercle limitant extérieurement la région; elles sont ainsi en concordance avec le trias qui les surmonte.

Horizon inférieur.

Dans l'Estérel, l'horizon inférieur, traversé par d'importants massifs de porphyre rouge, recouvre les roches cristallophylliennes constituant l'ossature de la montagne; il forme en outre des îlots sur tout le pourtour des Maures et en particulier dans les vallées profondes débouchant à l'ouest du massif. Les assises les plus anciennes de cet horizon s'observent à l'est de l'Estérel, aux environs d'Agay et à l'ouest des Maures. Elles sont formées de grès gris identiques au grès houiller et de schistes noirs ou gris, durs et se débitant souvent en grands feuillets. A Pierrefeu on peut constater que des conglomérats du même niveau reposent en concordance de stratification presque complète sur les phyllades archéennes qui ont fourni les éléments du conglomérat.

Les schistes présentent dans l'Estérel des empreintes qui, recueillies par M. Potier, ont été reconnues par M. Grand'Eury comme appartenant à des *Callipteris*, *Hymenophyllites* et

Walchia. Près de Collobrière ils renferment de faibles couches de houiller dans lesquelles on a signalé le *Pecopteris Pluckenetii*. Au-dessus viennent des grès rouges constituant la masse la plus importante de l'horizon; ils reposent dans la partie centrale et à l'extrémité ouest de l'Estérel, sur le gneiss et commençant par un conglomérat épais de deux mètres environ formé de gros blocs de gneiss.

Des schistes intercalés dans ces grès renferment également des empreintes de *Walchia*. L'un des échantillons figure au muséum de Marseille sous la détermination de *Walchia pinniformis*; un autre a été reconnu par M. Zeiller comme appartenant à la même espèce. Les empreintes des ramules ne sont pas suffisamment nettes pour donner lieu à la discussion; mais le rameau, qui par son diamètre se rapproche de l'espèce citée, porte des feuilles assez larges, nettement arrondies au sommet et disposées en spires régulières : caractères qui éloignent cette espèce du *pinniformis*. Cependant un petit rameau représenté pl. VII, fig. 3, mérite sans aucun doute cette dénomination.

Horizon moyen.

L'horizon moyen, beaucoup moins épais que les deux autres, est formé de schistes rouge amarante, dans lesquels sont souvent intercalés des lits de schistes verts. Ces schistes peu consistants et se brisant dans tous les sens renferment à la partie supérieure de nombreuses lentilles calcaires dont le diamètre peut atteindre un décimètre. Ils commencent à l'est à Agay et sont très développés jusqu'à Saint-Raphaël; les eaux en les ravinant ont creusé les petites vallées parallèles à la côte qui s'étendent entre ces deux localités, la séparation de ces vallées n'est due, d'ailleurs, qu'à la présence de massifs de roches éruptives. A partir de Saint-Raphaël, ce dépôt de schistes diminue d'épaisseur et remonte vers le nord. Au contraire, à partir du Muy il augmente de nouveau d'épaisseur

et en certains points il occupe toute la vallée. C'est en son milieu que par suite d'érosions circule la ligne de moindre altitude tout autour des Maures.

Horizon supérieur.

L'horizon supérieur, très développé dans la plaine de Fréjus, au point d'acquérir une épaisseur dépassant 360 mètres, est formé de schistes et grès rouges. Les schistes, identiques à ceux de l'horizon moyen, forment des bancs d'épaisseur très variable et pouvant atteindre celle de l'horizon moyen. Les grès sont devenus rouges par suite d'une oxydation postérieure, comme on peut le constater dans les carrières où les parties profondes sont blanches, à l'exception des parties limitant les fentes qui les mettent en relation avec l'extérieur; fréquemment, d'ailleurs, si l'on brise de gros blocs isolés, on les voit formés d'une partie centrale blanche, entourée d'une auréole rouge. Ces grès, généralement grossiers, renferment de nombreux débris de gneiss, de porphyre rouge, de porphyrite pyroxénique et de grès antérieurement formés.

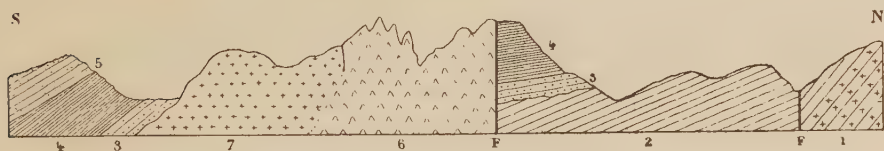
Sur tout le pourtour des Maures, là où cet horizon repose directement sur les roches cristallophylliennes, les assises en sont relevées; mais il y a cependant discordance complète entre elles et les assises du terrain cristallophyllien. Ce fait, rapproché de la concordance déjà signalée, de la base de l'horizon inférieur avec ces mêmes assises, prend une grande importance, puisqu'il marque l'époque de l'un des soulèvements subis par le massif des Maures.

Les grès de l'horizon supérieur, par leur aspect, se rapprochent beaucoup des grès de l'horizon inférieur, et bien souvent, il est très difficile de les reconnaître quand, par suite de dénudation, ils forment des îlots isolés au milieu de cet horizon inférieur. Les deux horizons supérieurs pénétraient, en effet, très avant dans l'Estérel; mais les érosions les ont fait presque disparaître, ne laissant que des îlots pouvant se trouver à une altitude

supérieure à l'horizon inférieur. Si, par exemple, on descend certaines collines de l'Estérel, partant des porphyres rouges, on marchera d'abord sur les grès de l'horizon supérieur, puis, la pente s'accroissant, on rencontre l'horizon inférieur mis à nu par les érosions. Il en résulte que les grès de l'horizon supérieur, par leur situation, paraissent stratigraphiquement inférieurs aux grès que l'on rencontre plus bas.

Un exemple très net des érosions subies par ces deux horizons supérieurs s'observe, quand on suit la route de Fréjus aux Bosons. Arrivé à la Colle-de-Grane, on passe de l'horizon supérieur sur les schistes de l'horizon moyen, puis, sur les schistes de l'horizon inférieur; mais, quand on arrive aux Bosons, on retrouve un lambeau de l'horizon supérieur, les schistes de l'horizon moyen protégés et maintenus, comme nous l'avons déjà dit, par les coulées de porphyre rouge et les grès inférieurs; les érosions ont donc enlevé les trois horizons entre la Colle-de-Grane et les Bosons.

FIG. 14.



Coupe passant entre Auriasque et les Bosons.

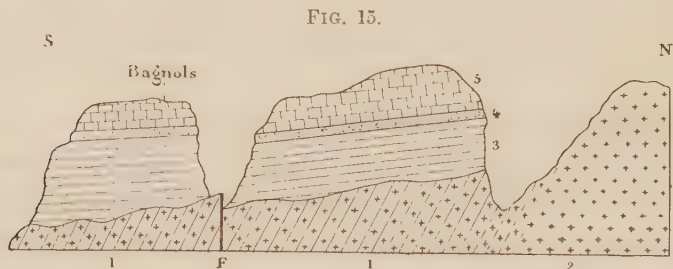
1. Gneiss — 2. Houiller — 3. Grès et schistes permien inférieurs — 4. Schistes rouges permien moyens — 5. Grès permien supérieurs — 6. Porphyre rouge — 7. Pyroméride — F. Failles.

Échelles : longueurs = $\frac{4}{50000}$; hauteurs = $\frac{4}{10000}$

Les débris de roches éruptives ne nous fournissent que des caractères incertains pour distinguer l'horizon inférieur de l'horizon supérieur. Le porphyre a commencé à faire éruption après le dépôt des conglomérats formant la base du permien; on observe déjà des cailloux de porphyre dans le grès gris faisant suite à ces conglomérats, comme M. Potier l'a constaté aux environs d'Agay; les assises du permien inférieur, comme

celles du permien supérieur, peuvent donc renfermer des débris porphyriques, et l'absence ou la présence de ceux-ci ne permet pas de formuler une conclusion sur la position des assises. Les porphyrites et les dolérites n'ont fait, il est vrai, éruption que pendant le dépôt du permien supérieur et postérieurement à ce dépôt. La présence de galets provenant de ces roches permet donc d'assigner une position certaine aux assises qui les renferment. Mais, si ces roches forment de nombreux filons, ceux-ci sont peu importants, font presque défaut dans certaines parties de la région, et enfin, sont souvent postérieurs au permien. Aussi, bien souvent, des assises qui appartiennent nettement au permien supérieur ne renferment pas de débris de ces roches, et le caractère tiré de la présence ou de l'absence de ces débris, est-il bien incertain.

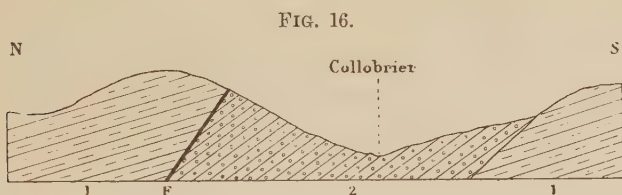
Dans certains cas, on peut cependant distinguer le grès supérieur du grès inférieur, soit par leur superposition aux schistes de l'horizon moyen, soit par ce fait qu'il existe une continuité parfaite entre eux et le trias qu'ils supportent. Un exemple du premier cas s'observe près de la borne 97,6 de la route de Fréjus à Cannes. On voit les conglomérats porphyriques reposer sur des lambeaux de schistes rouges qui ont échappé à l'érosion grâce à l'élargissement de la vallée. A Bagnols, le grès permien supérieur, en complète discordance de stratification avec le conglomérat de base du permien, est en parfaite continuité avec le trias.



Coupe du ravin de Bagnols.

1. Gneiss injectés de granulite — 2. Granulite — 3. Grès et schistes permien supérieurs — 4. Grès bigarré — 5. Congneules, schistes blancs et schistes rouges.

Des difficultés de ce genre ne se rencontrent d'ailleurs qu'au cœur de l'Estérel où le sol a subi de nombreuses dislocations. Dans les vallées qui entourent les Maures et dans la plaine de Fréjus jusqu'aux massifs porphyriques, la superposition des couches permet de rapporter à chaque horizon les assises qui lui reviennent. Pendant toute la durée du permien, la mer n'a cessé de battre la falaise abrupte des Maures, et les différents horizons se sont régulièrement déposés contre cette falaise. Aussi aujourd'hui ne peut-on voir que l'horizon supérieur. Pour étudier l'horizon inférieur, il faut pénétrer dans les vallées profondes d'où la mer permienne supérieure a été chassée par le second soulèvement des Maures. Ces vallées, telles que la vallée de Collobrière, s'ouvrent vers l'ouest et sont limitées au nord par la lèvre supérieure d'une faille qui, en surplombant, a protégé les assises sédimentaires contre l'érosion.



Coupe transversale de la vallée de Collobrière passant à l'ouest du village.

1. Phyllades archéennes — 2. Grès gris et schistes noirs du permien inférieur.
F. Faille.

Dans la vallée d'érosion qui entoure les Maures, les assises permienues supérieures sont sensiblement horizontales et passent, comme on le voit dans les coupes, sous le trias (fig. 4 et 2).

Dans la région de l'Estérel qui, à l'époque permienne, était un détroit bordé par les Maures d'un côté et par le massif de Tanneron de l'autre, le soulèvement de l'Estérel le long du rivage nord, dès le milieu du dépôt du permien inférieur, soulèvement accompagné probablement de l'affaissement du fond de son rivage sud, a refoulé progressivement la mer vers le sud.

En même temps se formait un pli synclinal opposé au pli anticlinal constituant l'Estérel, et cet affaissement qui affectait des assises cristallophylliennes, ayant échappé jusque-là à l'immersion, permettait à la mer permienne de venir déposer ses sédiments en complète discordance de stratification avec les assises du permien inférieur.

La coupe passant par Roquebrune et Bagnols, que nous donnons plus loin, montre nettement la disposition des couches (Pl. VIII, fig. 3).

III

PORPHYRE DE PLAN-DE-LA-TOUR

Dans les environs du Plan-de-la-Tour, on peut recueillir sur les bords du ruisseau de Marri-Vallat, à son confluent avec le Couloubrier d'une part, et de l'autre, au point où il est traversé par la route du Revest à Vaucron, une roche d'un blanc grisâtre, appelée eurite dans le pays. Cette roche, observée par les géologues qui ont étudié la région dans ces dernières années n'a jamais été décrite.

Ce porphyre traverse les assises du houiller et du permien inférieur qui couronne ce houiller, comme on peut le voir sur la coupe donnée à propos du houiller (fig. 42). Cette roche serait donc probablement contemporaine du permien inférieur. Nous la considérons cependant comme antérieure aux porphyres rouges de l'Estérel. Ceux-ci ont bien commencé à faire éruption pendant le dépôt du permien inférieur marin; mais les caractères fournis par l'étude microscopique permettent de séparer les deux roches, de rapporter les porphyres rouges aux porphyres franchement permien et de rapprocher les porphyres de Plan-de-la-Tour des porphyres houillers.

La roche, d'un blanc grisâtre, est très compacte; sa cassure est franche; elle montre à l'œil nu de nombreux cristaux de quartz, de feldspath et de chlorite plongés dans une pâte dont les caractères physiques sont ceux de la roche elle-même.

Au microscope (Pl. III, fig. 3) nous retrouvons les cristaux de quartz souvent corrodés au point d'être réduits à des lambeaux, des cristaux d'orthose et surtout d'oligoclase. C'est la présence de ce dernier feldspath qui nous porte à considérer cette roche comme

relativement ancienne. Quant aux phyllites, ils ne présentent pas de caractères spécifiques bien nets. Nous les rapportons à la chlorite, mais chlorite provenant de la décomposition de mica noir. Ses cristaux n'offrent pas l'homogénéité des minéraux intacts de toute décomposition; d'un vert ou d'un brun clair, ils sont peu dichroïques; très fibreux, ils s'éteignent rigoureusement suivant ces fibres; la biréfringence de celles-ci est variable dans un même cristal. Ces éléments de première consolidation sont plongés dans une pâte pétrosiliceuse dont l'état cristallin est assez avancé et qui se rapproche beaucoup de l'état cristallin des microgranulites, ce qui constitue encore un caractère d'antériorité de ces roches sur les porphyres rouges.

De cette analyse il résulte que cette roche, peu importante par ses gisements restreints et par son identité avec des roches bien connues, doit être rangée parmi les porphyres pétrosiliceux voisins des microgranulites.

IV

PORPHYRES ROUGES

Les porphyres rouges constituent une grande partie de la masse de l'Estérel et communiquent à cette montagne un caractère d'originalité signalé par les auteurs qui se sont occupés de la géologie du Var. Les collines des Maures, formées de roches peu résistantes, ont perdu leurs arêtes vives sous l'action des eaux, et en général se présentent aujourd'hui comme des mamelons arrondis.

Les masses porphyriques de l'Estérel sont beaucoup plus résistantes et sont divisées en masses prismatiques par un système de fentes à peu près verticales. Aussi l'action des eaux s'est-elle localisée dans ces fentes ; elle a eu pour résultat de séparer les masses prismatiques qui s'élèvent à l'horizon comme d'immenses piliers verticaux. La décomposition de ces porphyres ne donne que rarement une quantité de terre suffisante pour permettre à la végétation de s'établir à leur surface. L'aridité de ces rochers, jointe à leur escarpement, donne à l'Estérel ce caractère de sauvagerie qui en fait une des montagnes les plus intéressantes à parcourir, malgré son peu d'importance géographique.

Aperçu historique.

Élie de Beaumont et Coquand ne disent que peu de chose relativement à ces porphyres.

Après avoir signalé la présence de l'orthose et du quartz au milieu d'un pétrosilex d'une couleur variant du rose clair au

rouge noir, ils établissent l'origine éruptive des porphyres et leur postériorité aux assises inférieures des grès bigarrés, c'est-à-dire des assises inférieures du permien. Coquand, remarquant en outre que les prismes de porphyre perpendiculaires aux assises sédimentaires qui les supportent sont quelquefois inclinés sur la verticale, en conclut que l'épanchement est antérieur au soulèvement de l'Estérel. Il oublie, évidemment, en formulant cette conclusion que la division prismatique ne se produit pas verticalement sous l'action unique de la pesanteur, mais perpendiculairement à toute surface empêchant le retrait.

De Villeneuve-Flayose ne parle des porphyres que pour chercher à montrer qu'ils sont dus à la transformation des grès rouges sous l'action du feu interne.

Age des porphyres.

Les porphyres se sont fait jour par une série de fractures parallèles à l'axe de soulèvement de l'Estérel, c'est-à-dire allant sensiblement de l'est à l'ouest. Toutes ces fractures se sont produites dans l'Estérel, à l'exception d'une seule, de moindre importance, jalonnée par les massifs porphyriques de la pointe du Dramont, du Lion-de-Terre (Saint-Raphaël), de Roquebrune et de Vidauban.

A l'est, les porphyres longent la mer sur une longueur de 9 kilomètres environ, à vol d'oiseau, depuis Agay jusqu'à la Napoule; ils forment le cap de Vieilles, le cap Roux et le cap de l'Éguillon. En s'avancant vers l'ouest, le massif diminue peu à peu de largeur sans présenter de discontinuité marquée autre que celle du Reyran. A partir du Reyran, les porphyres, sur une largeur moyenne de 2,500 mètres, se continuent jusqu'à la ligne joignant les Esclans à Pennafort (Voir la carte de M. Potier et pl. IX).

Dans la partie est, le soulèvement de l'Estérel a été très peu

marqué. Au contraire, les épanchements porphyriques y furent très abondants. Les masses porphyriques, de presque tous les côtés, présentent des parois abruptes qui rendent impraticable le passage de l'Estérel à cette extrémité. La partie centrale et la partie ouest, au contraire, sont en pente douce sur le versant sud et se terminent au nord par une muraille abrupte, comme on peut le voir sur la coupe que nous donnons à propos du permien (Pl. VIII, fig. 3).

Cette disposition du porphyre donne à l'Estérel un aspect particulier quand on se trouve sur le versant nord. Les porphyres qui y font saillie au-dessus des assises permienues, paraissent former de grandes coulées recouvrant les plateaux permienues. Les collines ressemblent en tous points à ces plateaux recouverts d'une coulée de basalte. Mais les gorges qui entament à la fois le porphyre et le permien, montrent que le permien borde seulement les collines formées par les porphyres. Cette forme de coulée de porphyre peut s'expliquer de deux façons : ou bien la fente qui a permis au porphyre de s'écouler avait une paroi sud inclinée et une paroi nord verticale, et après s'être moulé sur la fente, le porphyre fut mis à nu par les érosions ; ou bien encore, la masse porphyrique avait primitivement la forme que nous lui constatons dans la partie est, c'est-à-dire qu'elle présentait un point culminant dans sa partie centrale, et l'altitude diminuait au nord aussi bien qu'au sud. Dans la suite, une faille s'est produite parallèlement à l'axe de l'Estérel, la lèvre nord s'est abaissée et la lèvre sud a formé muraille. Nous reviendrons sur ce point quand nous étudierons les mouvements qui ont successivement modifié la région.

Les porphyres se sont fait jour par une série d'éruptions qui ont commencé à se produire après la formation du conglomérat à gros éléments qui constitue la base du permien. Ces conglomérats, en effet, quoique situés dans le voisinage immédiat des massifs porphyriques, ne contiennent pas trace de débris de porphyre. Les grès gris qui le surmontent contiennent, au contraire, quoique en très petit nombre, des galets roulés de

cette roche, comme M. Potier (1) l'a constaté le premier dans les environs d'Agay. Mais les schistes accompagnant les grès ont été traversés à leur tour par des coulées de porphyre qui ont empâté des fragments de la roche sédimentaire. Il y a donc en ce point, suivant la conclusion de M. Potier, deux éruptions porphyriques.

A Vidauban, le porphyre est contemporain du permien supérieur. Dans la coupe de la vallée donnée plus haut (fig. 2), on voit en effet les grès et schistes permien reposent sur le porphyre. Mais dans la tranchée du chemin de fer on peut constater l'existence d'une coulée interstratifiée de la roche éruptive. Cette coulée repose sur une épaisse couche de schistes rouges que l'on ne peut malheureusement pas suivre et qui, à notre avis, représente en ce point l'horizon moyen du permien.

FIG. 17.



Tranchée du chemin de fer à 400 mètres à l'ouest de la gare de Vidauban.

1. Schistes rouges du permien moyen — 2. Grès verts du permien supérieur —
3. Porphyre rouge.

Nous voyons donc par ces faits que les porphyres ne se sont pas fait jour par une éruption unique. Mais la grande masse des porphyres, celle qui constitue l'axe de l'Estérel, a fait éruption après la formation du conglomérat de base du permien, pendant le dépôt du permien inférieur qui a pu ainsi se former aux dépens de ces roches. Ce fait se constate facilement dans la partie occidentale de la chaîne où l'on peut observer plus facilement les relations de la roche éruptive avec les étages permien.

Les conglomérats que l'on observe sur le versant nord dans la coupe passant par Bagnols et Roquebrune (Pl. VIII, fig. 3),

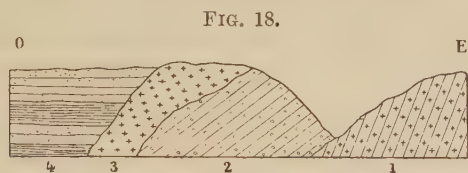
(1) *B.S.G.*, t. V, 3^e série. Comptes rendus de la réunion extraordinaire de la Société géologique, à Fréjus.

quoique s'appuyant sur les porphyres, n'en contiennent aucun débris; ceux-ci au contraire sont nombreux dans les grès rouges du permien inférieur qui forme la limite du permien sur le versant sud.

Nous arrivons donc à cette conclusion que la grande masse des porphyres est contemporaine au permien inférieur et que des éruptions donnant lieu à des épanchements moins importants se sont produites jusque dans le permien supérieur.

Nous allons maintenant donner quelques coupes montrant les relations plus immédiates du porphyre et du terrain permien.

Sur la route de Fréjus à Cannes, avant d'arriver à l'embranchement du chemin d'Auriasque, on voit un dyke de porphyre reposant sur le conglomérat de la base du permien.

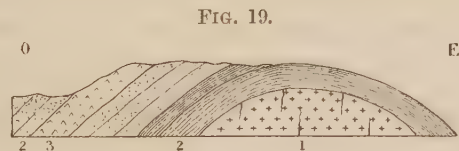


Coupe de la route d'Italie.

1. Gneiss rouges — 2. Conglomérat permien — 3. Porphyre rouge — 4. Schistes et grès.

Ce conglomérat formé de blocs de micaschiste et de gneiss gros comme la tête, repose lui-même sur du gneiss rouge du second étage de la série cristallophyllienne. Des grès permien dont nous n'avons pu déterminer l'âge s'appuient sur le porphyre.

Au logis de Paris la route entame à la fois l'extrémité d'une coulée de dolérite et des porphyres fendus verticalement; ceux-ci supportent des schistes et des grès de l'étage supérieur du permien.



Coupe de la route d'Italie.

1. Porphyres rouges — 2. Grès et schistes permien — 3. Dolérites.

Plus loin au contraire on voit les porphyres reposant sur les mêmes schistes et grès, la roche étant toujours divisée par un système de fentes perpendiculaires aux assises sédimentaires.

FIG. 20.

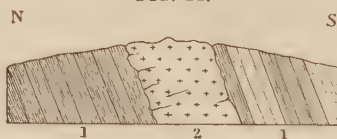


Coupe de la route d'Italie.

1. Grès et schistes permians — 2. Porphyres rouges.

Enfin le chemin de la Duchesse, qui partant de la route d'Italie, permet de faire l'ascension du mont Vinaigre, montre une coulée de porphyre interstratifiée au milieu des assises de l'étage inférieur. Cette coulée se distingue des autres en ce que la roche à l'examen macroscopique ne se distingue en rien de la roche composant les grands massifs ; autrement dit, elle ne présente pas les caractères des porphyres tabulaires.

FIG. 21.



Coupe du chemin de la Duchesse.

1. Grès et schistes permians — 2. Porphyres rouges.

Division prismatique des porphyres.

La division prismatique du porphyre ne peut être mieux observée que dans la gorge du Blavet. Les pentes verticales s'étendent dans toute la hauteur du massif, et un système de fentes horizontales divise les prismes verticaux en assises qui, par érosion, donnent naissance à des gradins.

La verticalité des prismes d'une part et l'horizontalité des assises de l'autre, se constatent non seulement dans les points

occupant le sommet de la montagne, mais encore sur le versant méridional où la descente s'effectue par gradins. De là résulte pour nous ce fait, que les régions occupées aujourd'hui par les porphyres avaient déjà acquis, en grande partie, leur relief lors de l'éruption porphyrique.

Dans le cas contraire, en effet, les prismes devraient être non verticaux, mais perpendiculaires aux assises permienes voisines. Coquand cite bien la gorge de l'Endre comme montrant les prismes inclinés, perpendiculaires aux assises permienes qui les supportent; mais les conditions ne sont plus les mêmes. Au Défend, la masse porphyrique ne repose pas sur le permien, mais le traverse; aussi s'est-elle divisée, sous l'influence de la pesanteur seule, en prismes verticaux. Au contraire les masses de l'Endre, beaucoup moins importantes, se sont écoulées sur des assises déjà relevées et se sont fendues perpendiculairement à ces assises dont l'adhésion faisait obstacle au retrait.

Description macroscopique.

Quoique se présentant sous des aspects très différents, les porphyres de l'Estérel ne peuvent être rapportés qu'à une espèce minéralogique, celle des porphyres pétrosiliceux; ils sont d'une couleur fort variable, le plus souvent d'un rouge vermillon; ils peuvent être rose clair, violet clair, brun, violet foncé, violet noir; les porphyres en coulée sont toujours d'un violet foncé. Ils ont généralement une cassure mate, terreuse; quelquefois cependant elle est conchoïde. Dans la pâte se montrent des cristaux d'orthose et de quartz en proportion fort variable. Tantôt ces cristaux sont si abondants qu'ils l'emportent sur la masse fondamentale, comme dans certains porphyres du mont Vinaigre; tantôt au contraire la pâte ne renferme que quelques rares cristaux de quartz. L'orthose est en cristaux de 4 à 2 millimètres d'épaisseur, roses et non limpides. A Vidauban, l'orthose est en cristaux blancs satinés et chatoyants.

En certains points, particulièrement du côté de Cannes, le porphyre présente des caractères tout différents. Sa pâte devient terreuse et vert clair; les cristaux de quartz disparaissent presque complètement, et comme gros cristaux, on n'y reconnaît que des cristaux de calcite.

Description microscopique.

Les porphyres pétrosiliceux présentent tous les caractères que l'on attribue ordinairement à ces roches (Pl. III, fig. 4). Les éléments de première consolidation sont le quartz et l'orthose. Dans nos préparations, quoique nombreuses, nous n'avons pas constaté la présence de l'oligoclase, absence déjà signalée dans les porphyres permien. Le quartz bipyramidé est, comme toujours, brisé, corrodé. Dans certaines préparations, il semble présenter non pas des clivages, mais des plans de fractures faciles; dans les cristaux placés sur le bord de la préparation et ayant subi de nombreux chocs pendant l'usure de la lame, on constate l'existence de deux systèmes de fentes divisant la surface en rectangles plus ou moins réguliers.

La nature des inclusions varie suivant le gisement de la roche; le plus souvent, si on laisse de côté, bien entendu, les particules tapissant les fentes, les inclusions sont rares et généralement vitreuses. Au contraire dans le porphyre du Rouet et surtout dans celui de la pointe d'Agay, les inclusions liquides avec bulle de gaz sont nombreuses et très grandes. Dans certains cas, on trouve réunies, suivant des surfaces courbes très complexes de forme, des inclusions opaques, rougeâtres; les unes sphériques, les autres en aiguilles et disposées en étoiles.

L'orthose, comme le quartz, est en cristaux brisés, rarement maclés, fréquemment décomposés, et renfermant de nombreuses inclusions. Celles-ci sont alignées suivant les plans de clivage. Tantôt l'orthose est vitreux et contient des inclusions liquides de forme quelconque, et des inclusions gazeuses sphériques. D'autres fois, au contraire, l'orthose rose perd complètement sa

transparence par la présence de nombreuses petites inclusions ferrugineuses ayant la couleur de la limonite, allongées et alignées. Cet alignement est assez marqué pour permettre de reconnaître les cristaux maclés en lumière naturelle : les lignes se brisent nettement suivant la trace du plan de clivage.

L'orthose se transforme par décomposition en une substance transparente présentant des parties incolores et des parties verdâtres et donnant entre les nicols une polarisation d'agrégat. Il est à remarquer que dans cette transformation les inclusions ferrugineuses disparaissent. Tantôt il n'en reste pas trace, tantôt dans une partie de cristal se trouve de l'hématite rouge qui semble provenir de la réunion du fer de ces inclusions.

Les cristaux de quartz et d'orthose sont plongés dans une pâte pétrosiliceuse où l'élément amorphe domine. Cette pâte renferme des pores à gaz, des particules de limonites, de fer oxydulé, de fer oligiste; ces deux derniers formant des amas. Quand la préparation provient d'un grand massif porphyrique, ces particules sont disposées sans ordre et on ne peut constater l'existence de la structure fluidale. A peine quelques boutonnières bordées d'opale ferrugineux et remplies de calcédoïne pourraient-elles être considérées comme le résultat de la fluidalité primitive. Il en est tout autrement si l'on observe un porphyre en coulées ou en massif peu important comme celui du Dramont. Les particules sont disposées en traînées tournant les cristaux de première consolidation, et fréquemment la pâte pétrosiliceuse prend suivant certaines traînées, une teinte jaune clair qui accentue encore la structure fluidale de la roche. Il est à remarquer que les sphérolites à croix noire sont rares; ils ne font pas complètement défaut, mais bien des préparations n'en contiennent pas.

Telle est la structure du porphyre type de l'Estérel; les variétés qu'un examen macroscopique amène à distinguer ne présentent que de faibles différences pour le microscope.

Les porphyres verts nous offrent seuls au microscope des caractères différents de ceux du porphyre rouge. Les cristaux

blancs que l'on voit à l'œil nu, sont des cristaux de calcite épigénisant des cristaux de feldspath dont il est impossible de reconnaître la nature. Nos préparations ne renferment aucun cristal de quartz. Dans la pâte presque amorphe se trouvent des microlites feldspathiques et des phyllites. Parmi les premiers s'observent un grand nombre de grains irréguliers qui paraissent devoir être rapportés à l'orthose. Les phyllites, en petits cristaux allongés, fibreux, pouvant se réduire à de simples fibres, appartiennent aux espèces mica noir, séricite et chlorite. Le premier est rare, la seconde est abondante, mais l'est cependant moins que la chlorite qui donne sa couleur à la roche. Cette chlorite très dichroïque donne de vives couleurs de polarisation et s'éteint parallèlement aux fibres. Elle est négative.

Tels sont les résultats que nous offre l'étude des porphyres rouges de l'Estérel. Il est à remarquer que, quoique dus à des éruptions qui se sont succédé pendant toute la durée du permien, ces roches présentent une grande uniformité dans leur caractère. On ne saurait en effet considérer comme une différence importante l'aspect chatoyant des cristaux d'orthose du porphyre de Vidauban. Tous sont des porphyres pétrosiliceux s'écartant beaucoup du type microgranulitique.

On peut même, croyons-nous, les considérer comme représentant dans la série des porphyres le terme le plus vitreux.

V

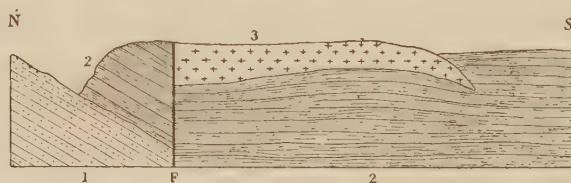
PORPHYRES TABULAIRES

D'après M. Potier, aux pyromérides se rattachent les porphyres violets, dits porphyres tabulaires. Ces porphyres sont interstratifiés au milieu des couches permienes adossées aux massifs porphyriques que l'on trouve entre la route d'Italie et la route de Fréjus aux Bosons, et au pic de la Gardiette. Ces coulées de 2 mètres d'épaisseur, qui s'étendent sur le front des porphyres, contournent ces roches à droite et à gauche, et les points les plus propices pour les observer sont les talus du chemin de Fréjus aux Bosons et ceux de la route de Fréjus à Bagnols.

Dans le premier point, on en peut compter trois superposées; dans le second, le nombre de ces coulées va jusqu'à six. Elles se présentent à l'observateur comme partant de la muraille abrupte des porphyres rouges pour s'interstratifier au milieu des assises permienes qu'elles protègent contre les érosions. Mais ces porphyres tabulaires sont dus à des éruptions postérieures à celles des porphyres rouges et contemporaines de celles des pyromérides. Si, en effet à la Gardiette, comme on le voit sur un développement que nous donnons plus loin à propos des porphyrites (Pl. VIII, fig. 4), ils sont interstratifiés dans le permien inférieur, entre les Bosons et Auriasque, ils sont au milieu des schistes rouges de l'étage moyen et par suite sont contemporains de l'étage supérieur. C'est d'ailleurs le seul point qui, à notre avis, les rapproche des pyromérides. Ils se divisent bien en lames à faces parallèles, mais ces faces sont planes et non contournées en tous sens comme dans les pyromérides.

Ils présentent en outre plusieurs plans de divisions; les uns sont perpendiculaires aux surfaces des coulées et probablement dus au retrait, car dans cette direction les fentes existent réellement. La roche, en outre, se divise parallèlement aux faces des coulées; mais la division ne se produit que dans le choc, sous le coup du marteau par exemple. Ce mode de division présente tous les caractères d'un clivage. Il est probablement dû à la pression supportée par la roche lors de son intrusion dans les assises sédimentaires.

FIG. 22.



Coupe du chemin de Fréjus aux Bosons près le vallon de l'Aqueduc.

1. Grès houillers — 2. Schistes rouges permien — 3. Porphyres tabulaires.

La roche est d'un violet sombre, terreuse et n'offre à l'œil nu que de rares cristaux de quartz. Au microscope elle offre les caractères d'un porphyre pétrosiliceux presque amorphe. La fluidalité très marquée et parallèle aux surfaces des coulées est indiquée soit par l'alignement de particules opaques très nombreuses probablement formées de fer oxydulé, et par la présence en assez grande quantité de boutonnières bordées d'opale imprégnée de limonite et remplie de quartz secondaire.

L'état cristallin de la roche est non seulement moins prononcé que dans les pyromérides, mais il l'est encore moins que dans les porphyres rouges. Aussi, sans pouvoir nous prononcer d'une façon absolue, puisque l'observation du gissement ne fournit aucun renseignement, serions-nous plus portés à rapprocher les porphyres tabulaires des porphyres rouges que des pyromérides.

VI

PYROMÉRIDES

Les pyromérides jouent un rôle important dans la constitution de l'Estérel. On les observe (voir la carte de M. Potier et pl. IX) sur les deux versants dans la partie située à l'est du Reyran. Comme les coulées de porphyres, les coulées de pyromérides offrent une tendance marquée à l'allongement parallèlement à l'axe de l'Estérel.

En réunissant les îlots qui probablement sont en continuité sous le permien, on peut distinguer deux coulées principales ; l'une d'elles, partant de la rive gauche du Reyran, se dirige vers l'est, traverse la route d'Italie au pont du Duc, atteint la Cabre, où elle disparaît sur une longueur de 600 mètres sous le permien et vient former les collines de Gratadis. La seconde plus au sud part du Deffens à 200 mètres au nord de Saint-Raphaël, se prolonge vers l'est à travers les schistes rouges qui la recouvrent en plusieurs points et rejoint la rivière d'Agay.

Aperçu historique.

Élie de Beaumont et de Villeneuve-Flayosc ne faisant pas de distinction entre les porphyres rouges et les pyromérides ne parlent pas de ces dernières. Coquand parle assez longuement de ces roches. Comparant les sphérolites des pyromérides aux géodes calcaires des porphyrites de la région et remarquant que ces roches sont à peu près contemporaines, il les réunit sous le nom de mélaphyres amygdalaires. Parmi ces roches, il distingue les mélaphyres à noyaux calcaires (porphyrites), les mélaphyres

géodiques et les mélaphyres variolitiques. Ces deux dernières dénominations se rapportent aux pyromérides; cette division ne s'explique pas; car d'après Coquand lui-même, les géodes de quartz se trouvent au milieu des mélaphyres variolitiques de la Colle-de-Grane, du Grand-Gondin et d'Agay. Coquand décrit les différents aspects sous lesquels le quartz et la calcédoine se montrent dans les géodes, les variations de couleur de la roche et termine en indiquant la présence d'une substance feldspathique dans les globules.

Delesse (1) dans son mémoire sur les roches globuleuses, cite les pyromérides du Var, plutôt qu'il ne les décrit.

Dans les comptes rendus de la réunion extraordinaire de la Société géologique à Fréjus en 1877, M. Potier donne une description macroscopique de la roche.

M. Michel Lévy (2), de son côté, en a donné la description microscopique dans deux mémoires. Nous n'analyserons pas ces travaux que nous devons répéter presque mot pour mot.

Age des pyromérides.

L'époque de l'éruption des pyromérides peut être déterminée avec une assez grande précision.

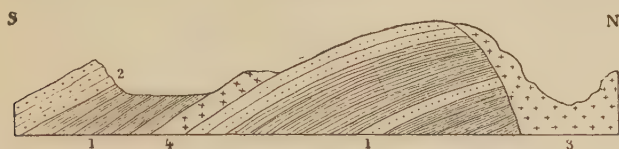
Bien des coupes montrent la postériorité des pyromérides non seulement par rapport à l'étage inférieur, mais encore par rapport à l'étage moyen et à la partie inférieure de l'étage supérieur. Le massif important de cette roche qui va du Reyran à la route d'Italie, envoie sur son pourtour des prolongements dont les faibles dimensions permettent de voir facilement les rapports avec les assises sédimentaires. La Colle-de-Grane, sur le bord de la route de Fréjus aux Bosons, est une colline formée par une coulée de porphyrite, une coulée de pyroméride et des

(1) Delesse, *Recherches sur les roches globuleuses*; Mémoires de la Société géologique de France, 2^e série, t. IV.

(2) Michel Lévy, *Mémoire sur les divers modes de structure des roches éruptives*, *Annales des Mines*, 7^e série, t. VIII — *Caractères microscopiques des roches anciennes acides considérées dans leur rapport avec l'âge d'éruption*, *B.S.G.*, t. III, 3^e série.

schistes rouges de l'étage moyen. Dans les points où les schistes ne sont pas recouverts par les roches éruptives, ils ont été ravinés par les eaux et il en résulte une coupe très nette. Cette coupe nous montre que la coulée de pyroméride est venue s'appuyer sur le front des schistes rouges déjà soulevés et ravinés.

FIG. 23.

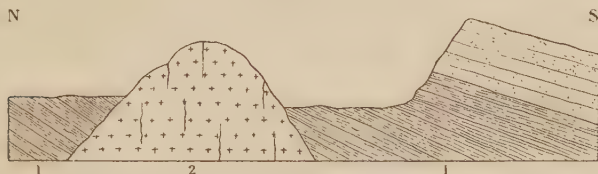


Coupe de la Colle-de-Grane.

1. Schistes rouges du permien moyen — 2. Grès permien supérieurs — 3. Pyroméride
— 4. Porphyrite.

La pyroméride est donc postérieure non seulement au dépôt des schistes, mais elle l'est encore à leur soulèvement. L'examen du massif du Deffens fournit le même résultat.

FIG. 24.



Coupe du Deffens de Saint-Raphaël.

1. Schistes permien — 2. Pyromérides.

Grâce à la carrière ouverte au milieu de la roche, on peut constater qu'elle traverse les schistes rouges. Il ne faut pas oublier qu'en ce point, les schistes rouges étant très épais et les grès supérieurs réduits, la partie supérieure des schistes doit peut-être être considérée comme l'équivalent de grès de la base de l'étage supérieur, conformément à ce qui a lieu aux environs de Toulon.

Le talus de la route d'Italie qui traverse le même massif que

celui observé à la Colle-de-Grane montre en effet que les assises inférieures de l'étage supérieur étaient déposées lors de l'éruption de ces roches. Après avoir traversé le pont du Duc et suivi le ravin creusé dans la roche, on voit, reposant sur le permien, une coulée de pyroméride entamée par le talus. Les assises permienues appartiennent à la base de l'étage supérieur comme le prouve leur superposition aux schistes rouges.

FIG. 25.



Coupe de la route d'Italie (pont du Duc).

1. Porphyre rouge — 2. Schistes et grès permien — 3. Pyromérides.

Cette localité est encore intéressante en ce qu'elle montre le contact des pyromérides et des porphyres rouges : les deux roches sont appuyées l'une contre l'autre suivant un mur vertical, sans qu'il y ait aucune liaison entre elles et sans qu'aucune d'elles soit modifiée par le contact de l'autre. L'éruption qui a donné naissance aux pyromérides est donc bien différente de l'éruption des porphyres rouges.

La pyroméride se retrouve également sur le versant nord de l'Estérel, où cependant elle est en coulées beaucoup moins importantes. C'est elle que l'on retrouve au sommet du mont Saint-Peire, près la Napoule, où elle repose sur le permien inférieur qui s'appuie lui-même sur des gneiss redressés. Celui-ci a fourni de nombreux fragments à arêtes vives qui sont empâtées dans la roche éruptive.

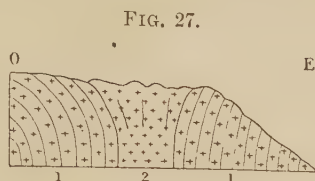
FIG. 26.



Coupe de la colline Saint-Peire.

1. Gneiss — 2. Conglomérats permien — 3. Pyromérides.

Au pont Saint-Jean la route d'Italie coupe une autre coulée de la même roche. Cette coulée, partant de la pointe de l'Aiguille, s'étend sur une longueur de 6,500 mètres, tandis que son épaisseur ne dépasse pas 200 mètres. Elle est verticale et traverse, au passage de la route, des gneiss et micaschistes redressés.



Coupe de la route d'Italie (pont Saint-Jean).

1. Gneiss — 2. Pyroméride.

Enfin le sommet du mont Vinaigre est occupé par une coulée toujours parallèle à l'axe de la montagne; le long du talus qui borde le chemin de la Duchesse on peut voir le passage entre la pyroméride et le porphyre rouge. On pourrait même croire à l'identité des deux roches si l'examen microscopique ne révélait, dans la roche de passage, des effets mécaniques beaucoup plus intenses que ceux que l'on constate dans les deux roches elles-mêmes.

Une autre observation permet de fixer complètement l'époque de l'éruption des roches qui nous occupent. La plaine de Fréjus est formée des grès permien de l'étage supérieur. Ces grès renferment de nombreux galets de porphyre rouge et n'en renferment pas provenant de la pyroméride. Or, ils sont précisément séparés des porphyres par les massifs de pyroméride; on s'expliquerait donc difficilement, si cette dernière se fût déjà fait jour, qu'elle n'eût pas fourni de matériaux aux grès permien en même temps que les porphyres. Les grès de Saint-Raphaël, qui sont les plus récents de l'étage, renferment seuls des galets de la pyroméride. Donc cette roche s'est certainement fait jour après le dépôt des assises inférieures du permien supérieur.

Description macroscopique.

M. Potier (1) décrit la roche ainsi qu'il suit :

« Prise dans son ensemble, la roche a un aspect rubané, feuilleté des plus prononcés, et les feuillets qui ont souvent deux ou trois millimètres d'épaisseur sont contournés à la manière de ceux des gneiss et des terrains schisteux; aussi quelques-uns de nos confrères ont-ils pensé, au premier moment, avoir sous les yeux des couches sédimentaires.

» La teinte générale de la roche est un rose un peu grisâtre; sa cassure est grenue et irrégulière; au milieu de chacun des feuillets se trouvent disposés en chapelet des nodules plus cristallins et plus résistants, composés principalement de quartz radié et nettement entourés d'une zone feldspathique plus compacte que le reste de la pâte; les surfaces internes des feuillets ne sont pas planes, mais présentent des renflements fort sensibles au droit de chaque petit globule; le diamètre de ceux-ci varie du reste d'un millimètre jusqu'à quelques centièmes seulement et alors le microscope peut seul déceler leur présence.

» Entre ces feuillets solides, la roche est ordinairement plus tendre et sa couleur passe au violet foncé ou à un vert vif; dans ces parties presque argileuses, on aperçoit à peine quelques petits cristaux de quartz; la dureté de ces parties violettes ou vertes est excessivement variable du reste, ainsi que leur épaisseur. Essayées au chalumeau, elles donnent toutes de l'eau, fondent assez difficilement et j'ai pu constater qu'elles renferment de notables quantités de potasse.

» En parcourant cette longue tranchée, on se convainc que la roche rubanée et l'argilotite verte sont trop intimement mélangées pour que l'on puisse leur attribuer une origine distincte. »

(1) *B.S.G.*, Comptes rendus de la réunion de la Société géologique à Fréjus, t. V, 3^e série.

Cette description faite sur la pyroméride au pont du Duc, sur la route d'Italie, convient à presque toutes les pyromérides de l'Estérel.

En certains points cependant, on peut observer des modifications importantes. A la Colle-de-Grane, la roche de terreuse qu'elle est en général devient vitreuse et peut recevoir le nom de pechstein.

Ce pechstein, de couleur variable, rouge, noir ou vert, forme comme l'indique M. Potier trois veines principales se ramifiant à l'infini dans la pyroméride. En même temps, les globules peuvent acquérir de grandes dimensions. Certains ont jusqu'à deux décimètres de diamètre. Dans l'un d'eux, nous avons observé un noyau central de quartz pur entouré de couches de jaspé dont les plus foncées sont les plus dures et les plus riches en silice. La roche renferme en outre des géodes tapissées de cristaux de quartz en prisme hexagonal terminé par la pyramide à six faces. Delesse représente deux de ces globules dans son travail sur les roches globuleuses, fig. 8 et 9, pl. III. Mais ce qui doit fixer l'attention dans l'étude de ces globules, c'est que les petits et les grands, surtout les petits, présentent une structure zonée et non rayonnée.

Dans le massif d'Agay une modification analogue de la roche s'est produite suivant une bande de 50 centimètres d'épaisseur. La pâte de la roche passe au pechstein et les globules prennent des caractères tout différents. Ces globules dont le diamètre peut atteindre un centimètre, outre une structure zonée, présentent une structure radiée qui les sépare nettement des autres globules. Ils sont quelquefois si nombreux qu'ils se touchent, se déforment et deviennent polyédriques (1). Cette distinction entre les deux sortes de globules a une grande importance, comme on le verra par l'étude microscopique.

(1) Potier, *loc. cit.*

Description microscopique.

PORPHYRES A QUARTZ GLOBULAIRE

Par leurs caractères microscopiques, les pyromérides se rapportent à trois des types de roches admis dans les classifications actuelles : 1° les *Pechsteins*; 2° les *Porphyres à quartz globulaire*; 3° les *Microgranulites*. Il y a naturellement tous les passages entre ces trois types; mais il est utile de les distinguer pour plus de clarté dans la description. Les pechsteins ne formant que des masses peu importantes, nous les étudierons en dernier lieu.

Les *Porphyres à quartz globulaire* constituent la plus grande partie des coulées. On les traverse au pont du Duc, au pont Saint-Jean; on les retrouve au mont Vinaigre.

Les cristaux de première consolidation, quartz et orthose, sont rares. La pâte se trouve dans un état de cristallisation intermédiaire au stade pétrosiliceux et au stade microgranulitique (Pl. III, fig. 5). Elle se décompose en plages à contours arrondis, de petites dimensions et s'éteignant en une seule fois. Mais le centre seul de chacune de ces plages possède une individualité minéralogique. Ce centre est formé de quartz, se fondant insensiblement avec les parties périphériques de la plage qui présentent une structure et une composition pétrosiliceuses. Si la cristallisation a été suffisante pour déterminer l'unité d'orientation optique des plages, elle n'a pas été poussée assez loin, pour déterminer la séparation de la silice de la pâte feldspathique dans les parties périphériques. Les cristaux de quartz sont entourés d'une auréole pétrosiliceuse souvent incomplète, orientée comme eux. Tantôt cette auréole présente une structure radiée, tantôt cette structure y fait défaut. La roche renferme en outre de nombreux sphérolites radiés à composition pétrosiliceuse, disposés en traînées. Ces sphérolites ont une structure intermédiaire entre celle des sphérolites à croix noire et celle des sphérolites à quartz globulaire. Leur centre est fréquemment occupé par de l'opale ou

de la calcédoine, formant également des trainées radiales. Par ces trainées, le sphérolite se trouve divisé en secteurs. Or les nicols étant à l'extinction, si l'on fait tourner la préparation, on voit une branche de croix noire parallèle à l'une des sections principales traverser successivement tous les points de certains secteurs. D'autres secteurs au contraire s'éteignent en une seule fois; l'orientation optique est donc unique dans ces derniers; et en général l'une des sections principales est parallèle à l'un des rayons du secteur; dans d'autres cas ce parallélisme n'existe pas. Nous voyons donc que par tous leurs caractères ces roches sont intermédiaires aux porphyres pétrosiliceux et aux véritables porphyres à quartz globulaire.

Sur le chemin de la Duchesse, conduisant au sommet du mont Vinaigre, on voit ces porphyres à quartz globulaire se fondre avec le porphyre rouge. L'examen microscopique des parties intermédiaires nous les montre formés d'une pâte pétrosiliceuse assez semblable à celle des porphyres rouges. Mais cette pâte, au lieu d'entourer quelques rares gros cristaux d'orthose et de quartz, est parsemée d'une infinité de débris aux angles vifs, de cristaux de ces minéraux. Cette pulvérisation des éléments de première consolidation est évidemment le résultat des actions mécaniques subies par les deux porphyres, lors de l'éruption du porphyre à quartz globulaire à travers le porphyre pétrosiliceux.

MICROGRANULITE

C'est au Deffens de Saint-Raphaël que l'on trouve surtout le type *microgranulitique* franc des pyromérides.

Les éléments de première consolidation, très rares d'ailleurs, sont le quartz bipyramidé et l'orthose chatoyant. Ils sont plongés dans une masse entièrement cristallisée et formée exclusivement de petits cristaux de quartz à contours arrondis et parfaitement individualisés.

Ces cristaux renferment quelques inclusions liquides à bulle

de gaz et un très grand nombre d'inclusions solides et amorphes. Celles-ci ayant une couleur de rouille, donnent à la roche sa teinte; elles sont en si grande abondance qu'elles altèrent complètement la transparence du quartz, si la préparation n'est pas excessivement mince.

Nous avons fait une analyse de la roche. L'orthose de première consolidation est si rare que l'on peut, sans aucune crainte d'erreur, considérer les bases comme provenant des inclusions.

	Deffens.	Islande.
Perte au feu.....	1,53.....	2,08
SiO ²	76,66.....	74,38
Al ² O ³	12,76.....	13,78
F ² O ³	2,99.....	1,94
CaO.....	0,26.....	0,85
MgO.....	0,31.....	0,58
	MnO..	1,19
Alcalis par différence...	5,49.....	6,20
	<u>100,00</u>	<u>101,00</u>

Il est très remarquable que cette roche présente une composition se rapprochant beaucoup de la composition des globules de roches d'Islande appelées trachytes par Forckhammen. Quoi qu'il en soit, cette analyse démontre que les inclusions ont une composition analogue à celle des feldspaths.

Passons maintenant à l'étude des globules que l'on rencontre en si grand nombre dans cette roche. La fig. 6 de la pl. III représente un de ces globules vu en lumière polarisée, les nicols étant parallèles. Comme on peut le constater, ces globules sont formés de cristaux de quartz microgranulitiques orientés d'une façon quelconque. Ils ne diffèrent des cristaux constituant la masse de la roche que par la répartition des inclusions solides. Celles-ci, absolument identiques à celles des autres cristaux de la roche, au lieu d'être disposées

sans ordre, forment des trainées concentriques plus ou moins complètes. Absolument amorphes, elles présentent les caractères des corpuscules entraînés mécaniquement lors de la cristallisation du quartz. Or, si l'on admet l'origine éruptive de ces roches, c'est-à-dire si l'on admet que le quartz soit formé par cristallisation dans une masse plus ou moins liquide renfermant les substances entrant dans la composition des inclusions, il nous semble naturel de s'appuyer sur les expériences de Sorby, pour expliquer la disposition en couches concentriques des inclusions. Les expériences de cet auteur, faites dans le but d'éclairer le mode de formation des roches éruptives portent, comme principales conclusions, que les inclusions sont d'autant plus petites et plus nombreuses que la cristallisation est plus rapide. Les globules se formant du centre à la périphérie, si la vitesse de cristallisation est suffisante, la substance ambiante sera entraînée sous forme d'inclusions se disposant sur toute la surface actuelle du globule ; si la même vitesse vient à diminuer, le quartz cristallisera sans qu'il se forme d'inclusion. Des variations dans la vitesse de cristallisation déterminent donc la formation de couches de quartz alternativement pur et rempli d'inclusions.

Tout revient donc à expliquer les variations dans la vitesse de cristallisation. Or, cette vitesse dépend de la richesse en silice, de la vitesse de refroidissement et de l'influence de certaines circonstances, de certains agents minéralisateurs encore inconnus. Nous ne pouvons faire intervenir ces circonstances, ces agents minéralisateurs ; voyons donc si l'intervention des deux autres facteurs ne suffit pas. La pyroméride se présente en masses trop considérables pour que l'on puisse admettre dans son sein des variations de refroidissement.

Mais il est facile de comprendre que la formation même des globules entraîne des variations dans la richesse en silice du milieu cristalligène.

Remarquons, en effet, qu'en s'accroissant, un globule diminue la richesse en silice du milieu environnant et que par suite la vitesse de cristallisation elle-même diminue. La vitesse, d'abord

suffisante pour déterminer la formation d'inclusions, devient trop faible, et à une couche contenant des inclusions succède une couche n'en renfermant pas. Si dans la suite le globule est entraîné dans d'autres points de la masse, le globule se retrouvera dans un milieu ayant sa richesse primitive, et la même succession de phénomènes se reproduira. La structure à zones concentriques est donc en définitive le résultat du déplacement des globules, déplacement nettement affirmé par leur disposition en trainées déjà signalée.

PECHSTEIN

Pour la description microscopique des parties vitreuses de la roche observée à la Colle-de-Grane et à Gratadis, nous ne pouvons mieux faire que de reproduire textuellement les paroles de M. Michel Lévy (1) en y ajoutant quelques détails relativement aux globules :

« Les pechsteins des environs de Fréjus, présentent de beaux exemples des diverses structures sommairement décrites jusqu'à présent (structure pétrosiliceuse, fluidale, perlitique).

1° On y trouve des variétés d'un bleu noirâtre, contenant à peine quelques débris de quartz et de sanidine, et traversées par de fines fissures remplies d'une matière rosée.

Au microscope, ces roches franchement résineuses, présentent la double texture fluidale et perlitique; la fluidalité est irrégulièrement jalonnée par de très petits granules opaques, disposés en chapelets; entre deux trainées voisines la pâte vitreuse d'un brun foncé se décolore sensiblement. La matière qui remplit les fissures perlitiques est jaunâtre par transparence. Sous les nicols croisés cette matière stéatiteuse s'illumine faiblement; la pâte s'éteint complètement; elle ne contient ni cristallites ni microlites;

2° D'autres pechsteins de même provenance ont une cassure

(1) Michel Lévy, *loc. cit.*

moins vitreuse, avec reflets variés, verts, bruns, rouges. Au microscope, la structure fluidale fait défaut; on peut voir par la fig. 3, pl.VIII, combien la structure perlitique est développée. Elle est comme dessinée par une substance grumelleuse, verte par transparence, qui semble avoir coulé dans les canaux perlitiques et y montre des stries longitudinales; la même matière forme dans la pâte des noyaux indépendants et même des disques grossièrement circulaires qu'un fort grossissement décompose en un amas de globulites. Elle a par place une faible action sur la lumière polarisée. A cette substance verte, vraisemblablement due à de véritables actions secondaires, se juxtaposent de fines granulations d'un rouge vif qui salissent la pâte entre les canaux perlitiques. Elles s'accumulent aussi sur les bords de ces cassures, laissant la matière verte en remplir l'intérieur.

Dans les parties limpides de la pâte, on perçoit aux forts grossissements (1400 diamètres) une multitude de productions cristallitiques, qui peuvent se ranger sous quatre espèces.

a) Un grand nombre de trichites se résolvent en globulites juxtaposés. Tantôt les petites sphères sont simplement tangentes, tantôt elles s'étirent suivant la longueur de l'ensemble, et se fondent l'une dans l'autre, à la façon de certaines cellules végétales. Quelques-unes montrent une double paroi et sont ombrées fortement à l'intérieur comme si elles étaient vides.

b) Plusieurs trichites ne se résolvent pas en éléments plus petits et forment de longs poils aigus transparents d'un bleu clair.

c) A côté de ces productions allongées, on rencontre plus rarement quelques disques circulaires également transparents, d'un vert très pâle; ils sont tantôt homogènes, tantôt doués d'un double noyau plus foncé, en forme de deux demi-cercles juxtaposés par leurs diamètres. Ces petites productions rappellent beaucoup certains cristallites du carbonate de chaux et appartiennent vraisemblablement à la substance verte stéatiteuse des fissures perlitiques.

d) Enfin on trouve par places quelques petits microlites plus longs que larges, à jointements surbaissés qui se groupent assez irrégulièrement autour des noyaux anguleux d'un noir opaque. »

4° On trouve encore, près de Fréjus, d'autres variétés de pechsteins dans lesquels l'éclat résineux a presque entièrement disparu. La texture fluidale y est mise en évidence à l'œil nu par lacs de veines pétrosiliceuses d'un brun clair avec petites languettes brun foncé ou même rouge de cire, serpentant dans une pâte verdâtre pierreuse, dans laquelle des traînées d'une coloration verte plus claire dessinent aussi la fluidalité. Le tout est traversé par de petits filons de jaspé sanguin.

Au microscope la roche se montre douée des trois structures fluidale, pétrosiliceuse et perlitique, et se divise en zones de compositions différentes, comme la fig. 4, pl. VIII, en fait foi.

a) On y distingue des zones incolores et transparentes dans lesquelles les fissures perlitiques remplies d'une substance stéatiteuse verdâtre se sont largement développées. Ces zones rappellent entièrement les pechsteins vitreux de la fig. 3; aussi est-on surpris, sous les nicols croisés de les trouver entièrement cristallisés; entre les fissures perlitiques, la pâte se décompose en une mosaïque de cristaux limpides, pressés les uns contre les autres, souvent terminés à ces fissures et d'assez grande dimension; la plupart de ces cristaux semblent être du quartz; du moins ne présentent-ils aucune trace de clivage; cependant les inclusions sont rares, même au plus fort grossissement.

b) La structure fluidale n'est pas visible dans ces zones entièrement cristallisées; par contre elle s'y juxtapose et se développe dans certaines portions du magna qui ont été envahies par la matière verte granuleuse, remplissant partout les fissures perlitiques; cette substance probablement stéatiteuse y forme de petites et de grandes écailles dans lesquelles les nicols croisés dessinent des anneaux sombres grossièrement concentriques.

c) Enfin on observe, notamment dans la fig. 4, des traînées

de substance pétrosiliceuse qui suivent la fluidalité générale, en passant curieusement d'une zone à une autre, avec de nombreuses anastomoses; il semble que cette matière pétrosiliceuse était encore plastique pendant les derniers mouvements de la roche; la fluidalité et les fissures perlitiques paraissent l'avoir disloquée par endroits, bien que ces dernières lui soient presque toujours tangentes.

Pour bien saisir la structure intime de la substance pétrosiliceuse, il faut la préserver de la lumière réfléchie, au moyen d'un écran convenablement placé; elle paraît en effet donnée d'une certaine opalescence brunâtre qui efface les rayons réfractés et leur donne un aspect nuageux. Par transparence elle est nettement radiée et concrétionnée, surtout sur les bords de ces trainées, et elle présente même des globules entièrement rayonnés comme les sphérolites des pyromérides. Cette apparence est surtout nette et générale dans toutes les trainées pétrosiliceuses, quand on emploie le microscope binoculaire, avec un grossissement de 250 à la lumière d'une lampe. Aux nicols croisés, l'extinction bien qu'avancée n'est pas complète; les sphérolites présentent le phénomène de la croix, les trainées s'estompent d'ombres et de parties plus claires qui changent de place par rotation de l'un des prismes. Les plus forts grossissements ne parviennent pas à isoler les fines punctuations de couleur brunâtre dont se compose la substance pétrosiliceuse; on les voit seulement se condenser en rayons en suivant la fluidalité.

Abordons maintenant l'étude des sphérolites présentant à la fois la structure concentrique et radiée. M. Michel Lévy les décrit après avoir constaté qu'ils se trouvent plongés dans une pâte en tout semblable à celle des pechsteins.

Apportant dans cette description tout le soin et l'exactitude qui caractérisent les pages précédentes, il en parle en ces termes :

« On peut très bien voir à l'œil nu dans cette belle roche globuleuse, que les sphérolites se groupent en général, suivant

une direction déterminée; c'est une trace du mouvement fluidal.

Souvent incomplets et juxtaposés par parties inachevées, les sphérolites paraissent en outre avoir été quelque peu disloquées depuis la consolidation; ils englobent des cristaux anciens de quartz et de sanidine en débris et sont moulés par l'excès de pâte dont nous avons parlé plus haut. Il est très visible que les fissures perlitiques sont postérieures aux sphérolites; comme nous l'avons déjà fait remarquer, elles leur sont tangentes, et quand la place manque elles se dévient pour se compléter.

Les fines granulations brunes qui dessinent la structure radiale des globules, se concentrent sensiblement à la périphérie de chaque zone circulaire d'accroissement.

Les fentes de retrait qui séparent les accroissements concentriques d'un même globule, et les fines fissures qui le traversent, sont remplies de calcédoine; les sphérolites sont d'ailleurs accolés à des veines d'agate herborisée.

Sous les nicols croisés, l'agate se pare de brillantes couleurs et se montre semée de petits points brillants; elle prend une teinte générale d'un gris bleuâtre; la matière finement radiée et ponctuée des globules s'ombre en forme de houppes chevauchant les unes sur les autres. Quant à la pâte qui englobe les sphérolites, elle est traversée par une multitude de veinules de calcédoine, souvent accolées aux fissures perlitiques; c'est une pâte analogue à celle du pechstein précédent, quoique plus finement grenue. »

Nous avons étudié un de ces globules différant totalement des globules à zones concentriques que nous avons décrits plus haut. D'un brun rougeâtre, il est traversé par plusieurs fissures dont l'une plus large le partage nettement en deux parties. Ces fissures sont remplies de calcédoine divisée suivant la longueur de la fissure en zones jaune clair du plus bel effet. Les nicols étant à l'extinction, on constate que la bande de calcédoine se décompose au point de vue optique en

parties nombreuses appartenant à des sphères différentes. Celles-ci sont d'ailleurs très incomplètes et l'on ne voit qu'une ou deux branches de croix noire.

Certaines de ces fissures, comme l'a observé M. Michel Lévy, se prolongent tangentiellement entre deux zones circulaires. Le globule présente une partie centrale nettement radiée donnant une croix noire entre les nicols à l'extinction; elle est formée d'une substance incolore et transparente renfermant deux sortes d'inclusions : les unes incolores très allongées radialement, les autres brunes punctiformes, en tout semblables à celles des globules à zones concentriques. Elles ne se distinguent de ces dernières que par leurs dimensions beaucoup plus exigües et leur disposition en files radiales. Vient ensuite une première zone circulaire plus claire, essentiellement composée comme la partie centrale, mais dont les inclusions brunes moins nombreuses forment des files moins régulières; on y constate en outre la présence de petits cristaux de quartz orientés d'une façon quelconque. La seconde zone est identique en tout à la partie centrale, mais la troisième, au premier abord, semble constituée tout différemment.

La première zone offre heureusement une structure intermédiaire entre celle de la partie centrale et celle de la zone que nous considérons. Celle-ci est formée de quartz microgranulitique dont les cristaux sont parfaitement individualisés et orientés dans tous les sens (Pl. IV, fig. 4). Dans la première zone, la silice avait déjà une tendance à cristalliser, comme l'indique la présence de petits cristaux de quartz; dans la troisième, l'état cristallin l'emporte complètement sur l'état colloïde. Les cristaux sont traversés par des files radiales d'inclusions, moins nombreuses, plus espacées et moins régulières que dans les zones précédentes; par contre, les inclusions y ont de plus grandes dimensions. Là s'arrête le globule autour duquel on distingue d'autres globules plus petits et le plus souvent imparfaits.

Donc, à l'exception des zones concentriques, ces globules diffèrent complètement des globules de la pyroméride proprement

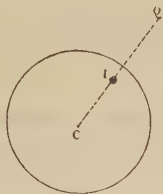
dite; ils rentrent dans la catégorie des sphérolites à quartz calcédonieux de MM. Fouqué et Michel Lévy. Cependant nous ferons remarquer que la structure de la troisième zone établit un passage très net entre ces globules radiés et les premiers globules étudiés.

La structure des globules à croix noires étant très complexe, on rencontre de grandes difficultés dans l'explication de leur mode de formation. Les expériences de Sorby peuvent, sinon fournir cette explication, du moins jeter un certain jour sur la question. Il est d'abord intéressant de remarquer que la cristallisation de la silice est accompagnée d'une diminution dans le nombre des inclusions et d'un accroissement dans leur dimension, de là semble résulter que cette cristallisation a été le résultat d'une diminution dans la vitesse d'accroissement du globule.

En second lieu la structure en zones concentriques peut recevoir l'explication donnée plus haut, à propos des autres globules. Mais là où réside la difficulté, c'est dans l'explication de la disposition des inclusions en files radiales. Delesse, expliquant la formation des roches globuleuses (1), admettait une répulsion entre les molécules de silice et les molécules de la substance feldspathique formant les inclusions. Sans aller si loin, on peut remarquer qu'il résulte de la cristallisation même, par dissolution, que la molécule d'un corps cristallisant attire plus fortement les molécules de même espèce que les autres molécules. En outre si la vitesse de cristallisation augmente dans certaines circonstances au delà de toutes limites, c'est que la différence d'attraction augmente elle-même au delà de toutes limites. Or si l'on se rappelle que les inclusions sont disposées en files d'autant plus régulières qu'elles sont plus petites, il semble naturel de rechercher la cause de la disposition en files dans un accroissement de vitesse dans la formation du globule.

(1) Delesse, *loc. cit.*

Considérons en effet un globule en voie de formation renfermant une inclusion I. Une molécule de silice Q du milieu ambiant subira de la part du globule une attraction moindre si



elle est située sur le rayon CI que si elle est située sur un autre rayon ne rencontrant pas d'inclusion. Cette différence, négligeable si la vitesse de formation est petite, doit entrer en ligne de compte si cette vitesse est considérable. Donc le globule augmentera plus rapidement suivant les rayons ne rencontrant pas d'inclusions ; autrement dit, il se formera de nouvelles inclusions suivant les rayons passant par des inclusions déjà existantes, et ces inclusions seront disposées en séries radiales.

Cette théorie que nous venons d'exposer concorde d'ailleurs parfaitement avec d'autres observations. La disposition en files radiales s'observe dans les sphérolites à croix noires et dans les sphérolites de quartz globulaire. Or, comme nous l'avons déjà fait remarquer dans les pyromérides de l'Estérel, les sphérolites à croix noires se trouvent toujours en relation avec une pâte vitreuse ; quand la roche offre une structure microgranulitique, les globules offrent simplement des zones concentriques. Et on admet généralement que l'état vitreux est le résultat d'une solidification trop rapide pour permettre la cristallisation.

D'autre part, pour ce qui concerne les sphérolites de quartz globulaire, on a constaté que les roches les renfermant étaient des variétés de microgranulite formant non pas des massifs, mais des coulées et se présentant par conséquent dans des conditions où la solidification a dû être rapide.

VII

PORPHYRITES ET DOLÉRITES

(DIABASES OPHITIQUES)

Nous désignons par ces noms deux roches identiques au point de vue géologique : elles sont dues aux mêmes éruptions et passent insensiblement de l'une à l'autre dans une même coulée. Mais leurs compositions minéralogiques sont si différentes qu'il est nécessaire de les distinguer dans une description détaillée.

Dans les Maures et l'Estérel, surtout dans l'Estérel, les gisements de ces roches sont si nombreux, qu'il est réellement impossible de les indiquer tous. Leurs coulées, surtout si on les compare à celles des roches précédentes, n'ont que de faibles dimensions. Aussi l'épanchement de ces roches a-t-il été influencé par la disposition des couches qu'elles traversaient. A quelques exceptions près, elles sont interstratifiées dans les assises permienes, et les coulées présentent toujours une dimension prédominante parallèlement aux lignes d'érosion des couches sédimentaires. Quand celles-ci sont ravinées perpendiculairement à leur ligne de plus grande pente, comme cela a lieu le plus souvent, la coulée s'allonge parallèlement à la fente d'éruption ; si au contraire, elles sont ravinées suivant leur ligne de plus grande pente, la coulée s'allonge perpendiculairement à la ligne d'éruption. Aussi un examen trop rapide des lignes d'affleurement des coulées pourrait-il induire en erreur et faire croire que les fentes d'éruption ne sont soumises à aucune loi de direction.

A part quelques gisements situés dans les Maures et l'Estérel, les porphyrites forment une ceinture complète autour des massifs

porphyriques, et les fentes d'éruption sont parallèles à l'axe de soulèvement de l'Estérel. Dans la vallée du Reyran, où les éruptions porphyriques ont fait défaut, les roches qui nous occupent se trouvent en grand nombre, formant deux ceintures qui se rencontrent au point le plus étroit de la vallée, l'une entourant le massif porphyrique de l'ouest, l'autre le massif porphyrique de l'est.

Les assises sédimentaires de cette vallée ayant été coupées par le ravinement suivant des lignes contournant les massifs porphyriques, les lignes d'affleurement des coulées y sont à peu près dirigées du nord au sud avec une légère concavité tournée soit vers l'un, soit vers l'autre des massifs porphyriques. C'est ainsi qu'à la Gardiette, sur la route de Fréjus à Bagnols, on rencontre deux de ces affleurements, dépendant de la ceinture du massif porphyrique ouest, dirigé du nord au sud, avec une légère concavité vers l'ouest. De même, de l'autre côté de la vallée, le massif porphyrique est bordé par les deux affleurements des Adrets, tournant vers lui leur concavité. Nous avons vu que les éruptions de pyroméride s'étaient produites dans le versant sud de l'Estérel, de même les dolérites et porphyrites se rencontrent beaucoup plus fréquemment sur ce versant sud que sur le versant nord. Ces roches sont aussi beaucoup plus abondantes sur la rive gauche du Reyran que sur la rive droite. Nous avons déjà remarqué que les pyromérides ne se trouvaient que sur la rive gauche et que le massif porphyrique à l'est du Reyran était plus important que le massif ouest. Si l'on ajoute à cette remarque que le porphyre bleu de Saint-Raphaël a fait éruption exclusivement dans cette région est, on voit que le versant sud de l'Estérel situé à l'est du Reyran a été le théâtre des éruptions les plus nombreuses et les plus diverses.

Aperçu historique.

Les porphyrites et dolérites ont généralement été désignées sous le nom de mélaphyres par les auteurs, quoique Élie de

Beaumont ait fait remarquer la ressemblance de la roche des Adrets avec une dolérite. M. Potier, conservant le nom de mélaphyres pour les dolérites et la majeure partie des porphyrites, a cependant donné avec raison ce dernier nom aux roches traversant les assises houillères du Reyran, et qui ayant subi une décomposition assez avancée sont plutôt grises que vertes. M. Bertrand a conservé les deux noms de M. Potier, mais en réservant le nom de mélaphyres pour les dolérites seules.

Elie de Beaumont ne dit qu'un mot de ces roches; mais avec une perspicacité vraiment remarquable, il détermine la nature et presque la structure de la dolérite des Adrets : « Quoique le grain n'en soit pas très gros, on y distingue facilement des cristaux *imparfaitement* terminés d'un pyroxène vert sombre; ils sont enveloppés dans une masse lamelleuse qui paraît d'un vert sale, peut-être par un simple effet de transparence et qui est composé du labrador le mieux caractérisé; on y voit en foule les tranches effilées parallèles à la face *p* des cristaux hémitropes du labrador, présentant, malgré leur peu de largeur, plusieurs bandes à reflets discordants. On y remarque aussi les clivages uniformes parallèles à la face *m*, plus larges, moins brillants, mais souvent un peu chatoyants. »

Coquand s'étend très longuement sur ces roches qu'il divise en mélaphyres grenus, mélaphyres porphyroïdes et mélaphyres amygdalaires. Dans les premiers, il fait rentrer les dolérites des Adrets, de Carqueiranne et des Campaux, et la porphyrite de la Garde près Toulon. Parmi les seconds, il place les porphyrites à gros cristaux de labrador du Dramont et les porphyrites présentant des vacuoles vides, tandis que les roches dont les vacuoles sont remplies de calcaire constituent le troisième groupe. Il considérerait en effet les amygdales calcaires comme contemporaines des autres éléments de la roche, quoique l'observation de ces amygdales dans les basaltes épanchés au milieu de calcaire eût dû le prévenir de son erreur. Coquand s'attache surtout à préciser l'âge d'éruption

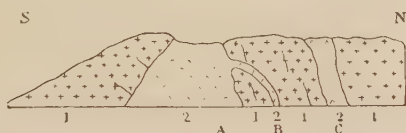
et à montrer que ces éruptions furent successives. Pour cela il constate la présence de galets provenant de ces roches dans les grès permien et démontre la postériorité de certaines coulées relativement à ces assises sédimentaires.

Age des porphyrites et dolérites.

Nous allons donner différentes coupes confirmant le résultat obtenu par Coquand. La coupe donnée précédemment, établissant les relations du permien et du houiller du Reyran, montre une coulée de porphyrite coupant et les schistes de l'étage moyen et les porphyres rouges. C'est également entre les schistes rouges qu'est interstratifiée la coulée représentée dans la coupe de la Colle-de-Grane. Dans tous les terrains stratifiés des Maures et de l'Estérel on peut relever des coupes intéressantes des porphyrites et les dolérites. Il serait inutile de les représenter toutes; nous ne parlerons que de celles relatives aux gisements que nous signalerons dans la suite.

Sur la route de Plan-de-la-Tour à Cogolin, le talus entame le granite et une dyke de dolérite intéressante par les ramifications qu'elle envoie dans le granite, sans qu'il y ait de relations entre ces ramifications et les fentes du granite.

FIG. 29.



Coupe de la route de Plan-de-la-Tour à Cogolin.

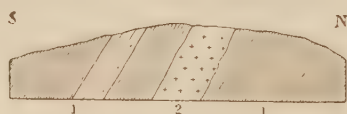
1. Granite — 2. Dolérite décomposée en boules.

Dans les parties principales de la coulée, la roche présente ce mode de décomposition en boules si fréquentes dans les roches éruptives. On voit sur la figure que l'une de ces parois est parallèle aux fentes du granite, tandis que l'autre est

perpendiculaire à ces fentes; le filon B qui coupe ces fentes pour venir rejoindre la coulée A, n'a qu'un décimètre de largeur, le filon C a environ 50 centimètres; 45 mètres plus loin, le même talus est traversé par un filon d'un mètre de large, dû à la même éruption, coupant à angle droit les fentes du granite. Il est à remarquer que cette roche n'a fait subir aucune modification au granite. La même route coupe un filon de porphyrite se faisant jour à travers les gneiss leptynitiques compacts. De chaque côté de la roche éruptive, dont la largeur est de 70 centimètres, le gneiss a pris une teinte rose sur une épaisseur de 50 centimètres, sans que l'étude microscopique révèle d'autres modifications que la coloration des inclusions du feldspath.

Les porphyrites traversent les assises houillères du Reyran, soit qu'elles se fassent jour à travers des fentes coupant les couches sédimentaires, soit qu'elles se présentent en coulées interstratifiées comme cela peut être constaté sur la route des Bosons à Auriasque.

FIG. 30.

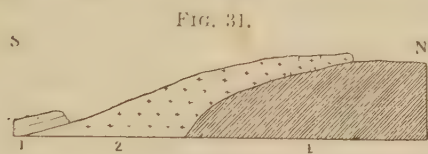


Coupe de la route de Bosons à Auriasque.

1. Grès et schistes houillers — 2. Porphyrite.

La route d'Italie, entre Fréjus et le pied de l'Estérel, offre deux coupes intéressantes. Ces coupes, outre qu'elles montrent les relations des porphyrites avec l'étage supérieur du permien, présentent des particularités dignes d'être signalées. A la borne kilométrique 93.6, on voit une coulée de ces roches qui non seulement est interstratifiée, mais qui encore recouvre les schistes inférieurs. La roche est fendue perpendiculairement à ces schistes; à leur contact, elle renferme de nombreuses amygdales calcaires et prend une teinte d'un gris clair que

l'on retrouve dans les schistes de contact légèrement modifiés. Au milieu de ces schistes sont des bancs de grès contenant des cailloux coulés de porphyrite : d'autres coulées s'étaient donc déjà fait jour avant que l'éruption n'eût lieu en ce point.



Coupe de la route d'Italie.

1. Grès et schistes permien — 2. Porphyrite.

Un peu plus loin, à la borne 94.8, avant d'arriver au milieu des pyramérides du pont du Duc, on rencontre une seconde coulée interstratifiée dans les schistes de l'étage moyen du permien. Les schistes qui la supportent, très fissiles, sont plus cassants qu'ils ne le sont ordinairement; modification probablement due à l'action de la roche éruptive. L'intérêt de la localité consiste en ce que la porphyrite devient schisteuse sur une assez grande épaisseur au contact des schistes, les strates étant parallèles à celles des schistes. En même temps que sa schistosité s'accroît elle présente une décomposition argileuse; de telle sorte qu'il est absolument impossible d'établir la ligne de démarcation entre la roche éruptive et la roche sédimentaire.



Coupe de la route d'Italie.

1. Grès et schistes permien — 2. Porphyrite.

Quand partant de Fréjus on se dirige vers Bagnols en suivant la nouvelle route, on contourne le pic de la Gardiette qui termine à l'est le massif porphyrique occidental, la route décrit une demi-circonférence autour de ce pic et repose sur l'étage

inférieur du permien. Au point milieu de la demi-circonférence, on voit les assises de front, et en s'en éloignant, soit d'un côté, soit de l'autre, le talus de la route se rapproche du plan vertical passant par la ligne de plus grande pente de ces assises. Nous donnons la figure de ce talus supposé rabattu sur un plan, pl. VIII, fig. 4.

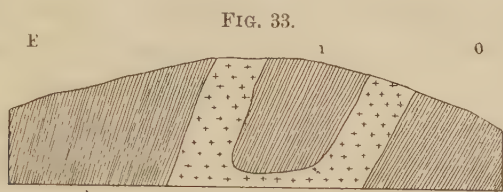
Partant de Fréjus on rencontre d'abord une coulée de porphyre tabulaire dont la base supporte des amas incohérents de matériaux provenant des éboulements des parties supérieures. Ce porphyre repose sur des schistes rouges sous lesquels sort une coulée de roches vertes dont les parties supérieures se rapprochent beaucoup des porphyrites, tandis que les parties inférieures sont de franches dolérites. Celles-ci reposent à leur tour sur des grès et des schistes; les grès, au contact de la roche éruptive passent au jaspe sur une faible épaisseur.

Au milieu de ces schistes, dont certaines assises sont vertes, se trouve une seconde coulée de porphyre tabulaire. Puis vient une seconde coulée de dolérites dont la base est cachée par des éboulis. Celles-ci sont séparées par deux mètres de grès rouges d'une troisième coulée de porphyre. On rencontre ensuite des schistes rouges, puis une quatrième coulée de porphyre reposant sur la route même. Les assises se présentent alors de front. En continuant, on retrouve une partie des roches précédentes. D'abord des schistes, puis la seconde coulée de dolérites séparée par des éboulis de grès renfermant de si nombreux galets qu'on pourrait leur donner le nom de conglomérat. Ces galets sont d'ailleurs exclusivement empruntés aux gneiss.

La route longe le pic de la Gardiette à mi-côte; aussi l'examen de son talus ne fournit-il pas tous les renseignements que peut donner la localité. En descendant dans le ravin, on peut constater en effet la présence de deux autres coulées de porphyre tabulaire, ce qui porte à six le nombre de ces coulées superposées.

En dernier lieu, étudions la tranchée du chemin de fer entre Saint-Raphaël et Agay : en suivant cette tranchée on passe, après Boulouris, sous un aqueduc reliant les deux talus. Ces

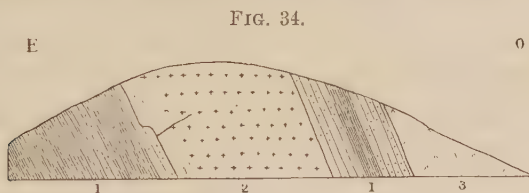
talus entament deux bancs de porphyrite interstratifiée dans les schistes rouges. La particularité de cette coupe consiste en ce que les deux bancs sont réunis entre eux par leur partie inférieure, sous les schistes. Il n'est donc pas possible d'attribuer ces deux bancs à des coulées successives produites dans les eaux où se déposaient les schistes. Ils sont dus à une éruption forcément postérieure au dépôt des schistes (1).



Tranchée du chemin de fer près Boulouris.

1. Schistes permians — 2. Porphyrite.

Près d'Agay, en face la vigie du Dramont, la tranchée entame une butte formée de grès dans sa partie est; sur ces grès repose une porphyrite porphyroïde brisée en tous sens. Cependant au contact des grès elle présente un système de plans de division parallèle à la stratification des grès. Les fentes sont fréquemment remplies de calcite dans la partie est; dans la partie ouest elles sont remplies d'argile rouge amenée probablement par les eaux d'infiltration et enlevée aux schistes reposant sur les porphyrites. Ces schistes supportent à leur tour une coulée de porphyre bleu divisé par des fentes perpendiculaires à la surface des schistes.



Tranchée du chemin de fer près le Dramont.

1. Grès et schistes permians — 2. Porphyrite porphyroïde — 3. Porphyre bleu.

(1) Pour éviter les éboulements, la Compagnie du chemin de fer ayant fait maçonner le talus, il n'est plus possible de constater aujourd'hui la réunion des deux bancs.

Enfin l'avant-dernière butte, avant d'arriver à Agay, est formée de grès rouges dans lesquels sont intercalés des blocs de porphyre rouge, et surtout des blocs isolés de porphyrite porphyroïde pouvant atteindre un mètre de diamètre.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, les grès de l'étage supérieur du permien renferment fréquemment des galets de porphyrite et de dolérite. Ces galets se trouvent même dans des grès très voisins de la base de l'étage. Ce fait, rapproché de la considération de la tranchée du chemin de fer près de Boulouris, amène à la conclusion suivante relativement à l'éruption des roches considérées. Elles ont fait éruption pendant toute la durée de la formation de l'étage supérieur, et fort probablement ont continué à s'épancher postérieurement à cette formation. La coulée de Boulouris est en effet postérieure aux schistes et grès qu'elle traverse, et ceux-ci sont les assises les plus récentes du permien.

Description macroscopique.

A. PORPHYRITES

Les porphyrites typiques, c'est-à-dire celles que l'on observe au milieu des coulées et qui par suite n'ont subi aucune altération, sont des roches d'un vert bleuâtre ou jaunâtre. On ne peut dire qu'elles soient terreuses, et cependant leur cristallinité est peu prononcée. En général la roche est homogène, et l'œil n'y peut distinguer aucun minéral caractérisé; on perçoit bien quelques miroitements, dus évidemment à des réflexions sur des faces cristallines, mais les cristaux sont trop petits pour être distingués. Dans certains gisements la roche renferme des minéraux disséminés en petit nombre et reconnaissables. Dans les porphyrites recueillies sur les rives de la Cabre, on distingue des cristaux de quartz de la grandeur de ceux que l'on observe dans les porphyres, mais en trop petit nombre pour que l'on puisse les observer dans les lames minces.

La porphyrite de la Garde près de Toulon, forme un massif

conique sur lequel est adossé le village. C'est un des rares points où la roche ne s'observe pas sous forme de coulée. La roche s'y distingue des autres porphyrites, par la présence de nombreux cristaux de pyroxène allongés, ayant un millimètre à un millimètre et demi de longueur. Malheureusement la décomposition qu'ils ont subie, en rend impossible une étude complète.

Les porphyrites du Dramont qui ont reçu le nom de porphyrites porphyroïdes renferment un grand nombre de cristaux de labrador et d'oligoclase. Ceux-ci peuvent avoir un centimètre de longueur suivant leur plus grande dimension; ils présentent d'ailleurs toutes les tailles inférieures et se retrouvent à l'état microscopique. Ils sont le plus souvent aplatis suivant g^1 ; tantôt ils sont allongés suivant pg^1 ; tantôt ils présentent suivant g^1 des dimensions équivalentes dans tous les sens. Certains d'entre eux sont maclés parallèlement à la même face. Nous avons déterminé l'espèce à laquelle on doit rapporter ces feldspaths par la méthode de Szabo et l'étude microscopique nous a fourni les mêmes résultats.

Comme dernier caractère assez général, nous citerons la présence des globules verdâtres dont la grosseur peut atteindre celle d'un pois. Le plus souvent ces globules sont vert foncé et leur présence est accompagnée d'une diminution dans l'intensité de la teinte de la roche qui devient grisâtre. Il y a exception pour les globules de la roche que l'on rencontre sur la route du Muy à Bagnols. Leur abondance a fait donner à la butte formée par la porphyrite le nom de Mont-des-Balles. Ils ont une couleur identique à celle de la roche vert clair; ils se distinguent en outre par ce fait qu'ils se séparent nettement et sans difficulté de la pâte de la roche, tandis que les globules des autres roches se fusionnent plus ou moins avec cette pâte. Fort probablement ces derniers sont dus à des actions secondaires.

Une des modifications les plus fréquentes est celle que l'on observe, soit dans toute l'épaisseur des coulées de peu d'importance, soit aux extrémités des coulées épaisses. La roche

devient d'un brun rouille et présente de nombreuses alvéoles fréquemment lenticulaires ; en un mot elle prend tous les caractères d'une scorie. En général les alvéoles sont remplies de calcite, et c'est sur la présence ou l'absence de cette calcite, que Coquand a établi sa division en mélaphyres amygdalaires et mélaphyres grenus.

La gare d'Agay est adossée contre un monticule en grande partie formé d'une porphyrite scoriacée, dont les alvéoles sont petites, très nombreuses, ayant la forme de gouttelettes étirées et tapissées d'une substance d'un vert clair très vif.

Enfin la porphyrite porphyroïde du Dramont au contact des grès permien présente non seulement des alvéoles calcaires sphériques, mais elle est encore pétrie de cristaux de calcite et de pyrite en dodécaèdres pentagonaux. En même temps la roche verte devient d'un gris rouille. De plus, sur le bord de la mer, avant le passage à niveau du Dramont, la porphyrite, outre de grands cristaux de feldspath brisés en tous sens, empâte des débris de grès rouges et de porphyres. Ces éléments détritiques peuvent être microscopiques et leur grande abondance donne à la roche une grande ressemblance avec les grès rouges voisins ; aussi la délimitation de ces deux roches, d'origines si différentes, devient-elle très difficile. L'empatement de cailloux étrangers se retrouve dans la porphyrite située au pied même de la vigie du Dramont, au milieu d'une pâte d'un vert clair vif, on constate la présence de fragments de porphyres rouges et de gneiss à mica blanc.

B. DOLÉRITES

Les dolérites se rencontrent beaucoup moins fréquemment que les porphyrites, mais par contre, leurs coulées atteignent de beaucoup plus grandes dimensions. La différence est assez sensible pour qu'au vu des cartes géologiques de la contrée on puisse, d'après la longueur de la coulée, prévoir la nature doléritique ou porphyritique de la roche. Les principaux gisements sont ceux des Adrets, de la Gardiette, de Cure-Biasse près le Pujet-de-Fréjus, de Saint-Maxime, de Gassin dans les Maures,

et enfin le gisement de Carqueiranne près Toulon; cette coulée traverse la rade et se retrouve sous la batterie de Saint-Mandrié.

La dolérite se distingue facilement de la porphyrite par sa couleur vert noir, sa plus grande cohésion et surtout par son holocristallinité reconnaissable à l'œil nu. Cependant le plus souvent on ne peut déterminer la nature des cristaux composant la roche, et ce n'est que dans des cas tout à fait exceptionnels que l'examen macroscopique peut donner les résultats obtenus par Élie de Beaumont, et que nous avons reproduits plus haut.

A notre connaissance, une seule dolérite présente des caractères différents de ceux que nous venons d'indiquer : c'est la dolérite de Gassin, contenant des cristaux de feldspath de plus grande taille. Ceux-ci forment des taches blanches dans une roche d'un vert plus clair et lui donnent toute l'apparence d'une diabase. Comme dernier caractère de ces dolérites nous indiquerons la propriété qu'elles possèdent de se désagréger en boules, propriété que l'on n'observe pas dans les porphyrites.

Description microscopique.

A. PORPHYRITES

Nous donnerons d'abord les caractères microscopiques de la porphyrite de la Garde près de Toulon, et nous indiquerons ensuite les points particuliers que présentent les roches des autres gisements.

Dans la porphyrite de la Garde la composition chimique est, en supposant tout le fer à l'état de protoxyde :

SiO ²	57,46
Al ² O ³	16,50
FeO.....	6,20
CaO.....	6,14
MgO.....	6,39
NaO.....	1,78
KO.....	5,52
	99,99

Les cristaux de première consolidation sont très rares et peuvent même passer inaperçus si l'on n'examine qu'un petit nombre de préparations : ce sont des feldspaths tricliniques et le pyroxène. Les premiers en cristaux relativement petits sont, le plus souvent, corrodés par la substance qui les entoure et n'offrent pas de contours polygonaux. Ils sont maclés soit suivant la loi de l'albite, soit suivant la loi de Carlsbad. Dans une section rectangulaire, à travers deux cristaux maclés, les sections principales symétriquement placées par rapport à la ligne de macle, faisaient entre elles un angle de 40° environ. Mais cet angle étant très voisin de l'angle maximum de l'oligoclase et les extinctions ne se faisant pas nettement, on ne peut tirer de cette mesure un diagnostic précis.

Le pyroxène généralement allongé suivant *mm* est rarement intact; quand il n'a pas subi un commencement de décomposition il est incolore ou à peine verdâtre. Le plus souvent il est d'un vert tendre, polychroïque, et les parties périclériques des cristaux prennent une structure fibreuse et passent à la chlorite. Cette chlorite se répand d'ailleurs fréquemment entre les autres éléments et présente souvent une structure radiée avec le phénomène de la croix noire.

Ces cristaux sont plongés dans une pâte amorphe renfermant de nombreux microlites (Pl. IV, fig. 2). La pâte est tantôt incolore, tantôt verte et présente alors en lumière polarisée les bandes alternativement claires et noires de la serpentine. Les microlites sont feldspathiques et pyroxéniques. Les premiers, allongés, fibreux, rarement maclés, s'éteignent parallèlement à leur longueur et doivent être rapportés à l'oligoclase. Certains d'entre eux sont plus trapus et offrent des sections nettement rectangulaires; mais l'extinction oblique sur les côtés du rectangle, ne permet pas de les séparer des premiers. De même certains microlites maclés suivant la macle de l'albite présentent les angles d'extinction de l'oligoclase. Le pyroxène est en granules ou en microlites faiblement allongés; on peut alors constater la présence de traces de clivages longitudinaux et de cassures transversales. Incolore ou

à peine verdâtre, il est quelquefois maclé. Enfin dans la pâte se trouvent de nombreux granules très petits de fer oxydulé ou de fer titané. Certains de ces granules peuvent être de première consolidation, car on les trouve sous forme d'inclusions dans les microlites.

Quoique l'analyse chimique ne nous l'ait pas révélé d'une façon bien nette, nous croyons pouvoir conclure à la présence du fer titané, de la coexistence avec les granules ferrugineux, de granules grisâtres, poussiéreux, faisant fortement relief et ne s'éteignant dans aucune direction, en un mot de granules présentant tous les caractères du leucoxène. Ces granules se trouvent d'ailleurs comme inclusions dans le pyroxène de première consolidation ; ils sont alors légèrement fusiformes, le grand axe étant dirigé suivant un clivage. La structure fluidale est très nettement indiquée par la disposition en traînées des microlites feldspathiques et des granules ferrugineux. Ceux-ci cependant offrent une tendance des plus marquées à se grouper de façon à simuler une section polyédrique.

Nous citerons en dernier lieu l'existence de l'épidote dont les cristaux parfaitement incolores et transparents avec un clivage net forment des nids.

On voit donc que par tous ces caractères, la roche de la Garde doit être placée parmi les porphyrites andésitiques à pyroxène de la classification de MM. Fouqué et Michel Lévy.

La porphyrite porphyroïde du Dramont se distingue par plusieurs caractères de la porphyrite de la Garde. Et d'abord, l'existence de grands cristaux feldspathiques, les uns appartenant à l'oligoclase et montrant de nombreuses lamelles hémitropes de la plus grande régularité, les autres maclés suivant la loi de Carlsbad, mais dont les sections rectangulaires s'éteignent à 27° de l'arête, et devant être rapportés au labrador. Le pyroxène fait complètement défaut à l'état de cristaux de première consolidation et est rare à l'état de grains de seconde consolidation.

Les microlites d'oligoclase, quoique plus grands que ceux de la roche de la Garde, sont encore de véritables microlites. Ces

caractères s'accroissent dans les endroits où la roche devient noirâtre. Le pyroxène disparaît complètement et les cristaux feldspathiques prennent les dimensions des microlites dans les roches à structure ophitique, sans qu'il y ait de trace de cette structure. Le plus grand nombre de ces microlites, sont encore de l'oligoclase, mais certains présentent de nombreuses lamelles hémitropes, très irrégulières, et dont les angles d'extinction dépassent de beaucoup ceux de l'oligoclase : ils se rapportent nettement au labrador.

En même temps les granules ferrugineux augmentent en nombre et en grandeur, et certains, englobés dans le feldspath de première consolidation, appartiennent forcément à ce même stade. Très souvent ces produits ferrugineux bordent des cristaux de sphène brun rougeâtre ou à peine coloré, très dichroïque, et ayant un clivage net.

Quant aux globules que l'on rencontre fréquemment dans ces roches, l'examen microscopique ne révèle chez eux aucune structure particulière. Formés d'une substance à peine verdâtre en lumière naturelle, et donnant naissance à une polarisation d'agrégat entre les nicols croisés, ils contiennent quelques microlites feldspathiques et de petits grains de quartz.

Les parties scoriacées des porphyrites, contrairement à ce que l'on aurait pu croire, ne sont guère plus riches en silice que les véritables porphyrites. Nous avons obtenu une teneur de 57,74 % au lieu de 57,46, donné par la porphyrite de la Garde. Au microscope, elles n'offrent que quelques rares cristaux de feldspath de première consolidation, plongés dans une pâte amorphe beaucoup plus abondante que dans les porphyrites. Cette pâte, uniformément brune, renferme de petits microlites d'oligoclase. Les dimensions de ceux-ci sont d'autant plus exigües, et la proportion de la pâte d'autant plus grande, que l'aspect scoriacé est plus marqué. Les microlites sont nettement alignés et contournent non seulement les grands cristaux, mais encore un grand nombre de petites cavités disséminées dans la pâte.

B. DOLÉRITES

Nous prendrons comme type des dolérites, la dolérite des Adrets, dont la composition est la suivante, en supposant tout le fer à l'état de protoxyde :

SiO ²	49,78
Al ² O ³	18,65
FeO.....	11,62
CaO.....	7,70
MgO.....	6,47
NaO.....	1,36
KO.....	3,42
	100 »

Tous les éléments de la roche sont cristallisés; il ne reste plus trace de la substance amorphe, formant une majeure partie des porphyrites, même chez celles où la cristallisation était la plus avancée (Pl. IV, fig. 4). La succession dans les stades de cristallisation est très nette; les premiers cristaux formés sont ceux de périclote, d'apatite et de fer titané; puis se sont formés les cristaux d'anorthite, englobant les précédents; puis les cristaux microlitiques du labrador, englobés dans les plages de pyroxène, et en dernier a cristallisé du labrador en plages, moulant tous les éléments précédents.

Le périclote se présente dans la roche avec tous ses caractères habituels; en grains arrondis de petites dimensions, brisés dans tous les sens, et pénétrés de serpentines amorphes; quand la décomposition se propage à l'intérieur des grains, la serpentine devient fibreuse et polarise vivement la lumière dans les tons jaunes. Le fer titané présente en sections des formes polygonales assez nettes et nous avons à plusieurs reprises observé des hexagones réguliers. L'anorthite n'est qu'un minéral accessoire; il est en très grands cristaux, très limpides avec les clivages

p et g^1 très nets, formés de larges lamelles hémotropes; ces cristaux renferment comme inclusions des grains de péridot et d'apatite.

Nous avons fait une étude complète des cristaux microlitiques de labrador. Ces cristaux très allongés présentent de nombreuses lamelles hémotropes, assemblées suivant la loi de l'albite, d'épaisseur très irrégulière, mais très nettement distinctes. Certains cristaux présentent la macle de Carlsbad; on peut également observer deux cristaux présentant les macles précédentes et se traversant de façon à former une croix dont les branches peuvent être rectangulaires ou à 60° environ l'une de l'autre. L'angle $2V$ des axes optiques est égal à 81° ; la biréfringence maximum $n_g - n_p$ est égale à $\frac{1}{105}$. La bissectrice de l'angle aigu des axes optiques fait un angle de 32° avec la normale à g^1 , et un angle de $55^\circ 20'$ avec la normale à p ; le plan des axes optiques coupe le plan g^1 suivant une droite faisant un angle de $49^\circ 30'$ avec la droite pg^1 , d'où résulte que l'un des axes optiques se trouve dans le plan p .

La densité est de 2,70. Quant à sa composition chimique, nous n'avons pu l'obtenir que d'une façon approchée, par suite de l'impossibilité où nous nous sommes trouvé de séparer complètement le feldspath de la serpentine provenant de la décomposition du péridot.

Le pyroxène forme de grandes plages divisées, dans les lames minces, en parties complètement séparées par les microlites feldspathiques; mais dans la roche même ce pyroxène doit former des cristaux d'assez grandes dimensions dans lesquels les microlites sont enchassés. Ce pyroxène est toujours coloré; il présente une teinte brun rosé clair sans être polychroïque. L'un des clivages est fréquemment très net; l'autre au contraire ne se révèle que par des cassures.

Sur quelques rares cristaux l'examen à un fort grossissement permet de pressentir plutôt que d'observer un état lamellaire, rapprochant ce pyroxène du diallage. Les inclusions sont fréquentes et réparties suivant les plans de clivage; et nous

avons pu constater à diverses reprises l'existence de grandes inclusions liquides avec bulles.

Les rapports de ce pyroxène avec les microlites labradoriques, sont très remarquables; tantôt les surfaces de contact sont planes; tantôt le pyroxène présente de nombreux prolongements arrondis pénétrant dans les microlites feldspathiques.

FIG. 35.



Enfin la dernière stade de solidification a été accompagnée de la formation de grandes plages de labrador, qui se distinguent immédiatement des microlites. Les cristaux n'ont pas de contours polygonaux, mais sont absolument irréguliers; quelquefois allongés, ils sont aussi fréquemment en plages arrondies. Au lieu d'être composées d'un grand nombre de fines lamelles hémitropes, nettement délimitées, les plages sont composées de deux ou trois cristaux larges et se pénétrant, de telle sorte que la partie commune présente une bande noire d'interférence qui empêche toute distinction nette de la ligne de séparation des cristaux composants. La grandeur des angles d'intersection sépare complètement ce feldspath de l'orthose et de l'oligoclase; mais nous n'oserions affirmer qu'ils appartiennent plutôt au labrador qu'à l'anorthite. On voit donc que tant par la nature des composants que par la structure nettement ophitique cette roche doit être rangée parmi les dolérites ou, si l'on veut désigner par des noms différents les roches anciennes et les roches modernes, parmi les diabases à texture ophitique.

La dolérite peut présenter quelques modifications intéressantes. La dolérite de Cure-Biasse, près le Pujet-de-Fréjus, par exemple, outre qu'elle renferme des cristaux de péridot plus grands et à contours polyédriques mieux définis, contient les microlites de

labrador et le pyroxène à deux états. Les microlites peuvent être de grandes tailles, comme dans la dolérite des Adrets, et englobés dans des plages de pyroxène. Ou bien ils peuvent se présenter en véritables microlites au milieu desquels se trouve du pyroxène plutôt en grains qu'en plage; les deux minéraux paraissent être contemporains. De plus les petits microlites de labrador sont fréquemment réunis en faisceaux fibreux, dont certains présentent nettement le phénomène de la croix noire, tandis que dans d'autres, l'orientation optique des microlites paraît indépendante de la forme des faisceaux (Pl. IV, fig. 5).

La modification la plus importante dans la structure s'observe dans le gisement de Gassin. Le pyroxène s'y trouve principalement à l'état de cristaux de première consolidation, présentant des contours polyédriques très nets et une teinte beaucoup plus claire que dans les roches précédentes. Il se trouve également à l'état de grains de seconde consolidation; mais dans ce stade se sont surtout formées des plages de labrador qui englobent les autres cristaux et en particulier le fer titané fréquemment transformé en leucoxène présentant encore la disposition en trémies du minéral primitif. La structure ophitique a donc ici complètement disparu et la roche doit être rangée au point de vue minéralogique, parmi les diabases labradoriques à olivine.

Passage des dolérites aux porphyrites.

Il nous reste maintenant, pour terminer ce sujet, à indiquer les modifications que subissent les dolérites et les porphyrites pour passer de l'une à l'autre. Nous avons déjà fait remarquer que dans les porphyrites porphyroïdes, les microlites prenaient de grandes dimensions, et qu'aux microlites d'oligoclase se joignaient des microlites de labrador.

D'autres exemples de passages peuvent être cités. La porphyrite de la Colle-de-Grane (Pl. IV, fig. 3) est formée de petits microlites de labrador présentant les caractères les plus nets; entre ces microlites se trouvent des grains de pyroxène incolore et le

tout est entouré d'une faible quantité de pâte amorphe. Cette roche, quoique la cristallisation y soit plus avancée, se rapproche donc beaucoup de la porphyrite de la Garde; la différence consiste dans la substitution du labrador à l'oligoclase.

Aux Campeaux, dans les Maures, la structure ophitique commence à se dessiner; certaines plages de pyroxène englobent les microlites d'oligoclase, tandis qu'en d'autres points, c'est le pyroxène en grains qui se trouve entouré par ces mêmes microlites; il y a donc eu ici cristallisation presque simultanée des deux éléments.

Mais à la Gardiette, dans la première coulée que l'on rencontre sur un versant de Fréjus, on prend le passage sur le fait. La partie inférieure de la coulée est formée de dolérite identique à celle des Adrets, tandis que la partie supérieure n'est formée que de microlite de labrador et de sphène provenant des transformations du fer titané, le tout plongé dans une pâte amorphe.

La répartition de la dolérite et de la porphyrite dans cette coulée va nous permettre d'établir les relations d'éruptions entre ces deux roches. Si l'on compare leur composition, on voit que la dolérite est beaucoup plus basique que la porphyrite, et l'on sait que cette diminution dans l'acidité entraîne une augmentation dans la densité. Si donc la dolérite occupe la base de la coulée et la porphyrite la partie supérieure, cela tient probablement à la séparation des éléments suivant leur densité.

Généralisons ce résultat :

Les coulées de porphyrite sont nombreuses et de peu d'importance. C'est l'inverse qui a lieu pour les dolérites. Or le grand nombre de toutes ces coulées dans une région aussi restreinte permet de supposer qu'elles ne sont que des pointements d'une masse souterraine plus considérable. Lors de l'éruption par les fentes nombreuses, mais peu développées, la partie superficielle de la masse souterraine, c'est-à-dire la partie la plus siliceuse, s'est seule épanchée et a donné nais-

sance aux porphyrites. Au contraire, par les fentes les plus larges, mais en même temps les plus rares, la partie centrale de la masse s'est librement épanchée et a formé, par consolidation, des dolérites.

Autrement dit, on aurait là une séparation analogue à celle qui se produit dans les éruptions volcaniques entre les laves basiques et les laves acides.

Quoi qu'il en soit, de cette étude il résulte que certaines dolérites, c'est-à-dire des roches à structure ophitique, sont nettement primaires. Des roches primaires peuvent donc ne présenter avec les roches volcaniques que des différences absolument secondaires. Les dolérites que nous avons décrites, à en juger et par les gravures et par la description des auteurs, ne diffèrent en rien de la dolérite de Reykiavick (Islande) (1).

C'est d'ailleurs M. Potier, croyons-nous, qui le premier a signalé et la structure ophitique et l'âge permien de ces roches (2).

(1) Bréon, *Géologie de l'Islande*.

(2) Potier, *Carte géologique d'Antibes*.

SOULÈVEMENTS DES MAURES ET DE L'ESTÉREL

L'étude des roches cristallophylliennes et des roches primaires qui précède nous fournit toutes les données nécessaires pour établir d'une façon précise et l'âge et les phases du soulèvement des montagnes des Maures et de l'Estérel que nous allons considérer successivement.

Soulèvement des Maures.

Élie de Beaumont, Coquand et de Villeneuve-Flayosc se sont successivement occupés des soulèvements qui ont déterminé la formation des Maures. Mais tous trois ont suivi les mêmes méthodes et se sont efforcés d'appliquer les idées qu'Élie de Beaumont avait publiées dans son exposition du système pentagonal. La méthode, consistant à déterminer exclusivement l'orientation des lignes de plus grande pente des couches, négligeait, d'une part, l'ordre stratigraphique des dépôts, et de l'autre, la résistance de ces dépôts, résistance qui a dû déterminer des déviations nombreuses dans l'inclinaison.

Les Maures sont dues à deux soulèvements distincts et comme âge et comme direction.

L'ordre de superposition des dépôts indique un premier soulèvement suivant une direction concordant sensiblement avec la ligne est-ouest. L'axe de ce soulèvement est situé, non pas sur le rivage, mais coïncide sensiblement avec la direction du massif granitique allongé sur lequel est construit Plan-de-la-Tour. Le versant abrupt se trouve à l'est, le versant en pente douce à l'ouest. Ce soulèvement, le premier que subissaient les assises cristallophylliennes, paraît n'avoir que peu affecté ces couches; elles se sont brisées et redressées exclusivement suivant l'axe

de soulèvement. Les phyllades de Pierrefeu, qui appartiennent à l'archéen, ayant participé à ce soulèvement, son âge relatif se trouve nettement déterminé. L'uniformité du soulèvement explique comment, après sa formation, les couches houillères et les couches du permien inférieur ont pu se déposer sur le terrain primitif, avec une sensible concordance.

De cette époque date également le soulèvement du massif de Tanneron. Il est même fort probable que la région de l'Estérel a participé à ce mouvement. Là, en effet, où les érosions nous permettent de constater la nature du sol supportant les assises permienues, nous reconnaissons les assises cristallophylliennes. Les mers primaires, à l'exception de la mer permienne, n'ont donc pu recouvrir le pays. En outre si des mouvements postérieurs ont dérangé les assises cristallophylliennes des environs de Bagnols, qui se trouvent sur le prolongement de l'axe du pli anticlinal des Maures, le pli synclinal opposé se retrouve nettement dans la vallée du Reyran. D'autre part, sur le bord de la vallée de l'Argens, le massif granitique de Plan-de-la-Tour, au lieu de se terminer en biseau comme au sud, est coupé suivant sa largeur maxima par la faille qui sépare les Maures de la vallée de l'Argens; de plus, on trouve au nord de Bagnols un massif important de granulite situé sur le prolongement de l'axe. Nous sommes donc en droit de supposer que primitivement le pli anticlinal traversait la vallée de l'Argens et se prolongeait jusqu'à Bagnols. Tels sont les premiers mouvements, relativement simples, que l'on constate dans la région.

La seconde série de mouvements est beaucoup plus complexe. Heureusement les terrains houillers, permienus et même triasiques nous fournissent des points de repère et permettent d'élucider sinon la question tout entière, du moins certains de ses points.

Ces mouvements semblent dus à une pression s'exerçant du sud au nord avec une légère inflexion vers le nord-est, et à une seconde pression s'exerçant en sens contraire; ou, ce qui revient

au même, à une résistance dans le massif situé au nord de l'Estérel, résistance déterminant une réaction opposée à la première pression. Pour plus de clarté, nous allons étudier successivement les Maures, puis l'Estérel.

Dans les Maures, la pression a déterminé le redressement des couches, leur plissement en certains points et leur fracture suivant certaines lignes. Mais le résultat le plus important a été la séparation de la région des Maures de celle de l'Estérel.

Sur tout le pourtour nord des Maures actuels, s'est formée une faille dont la lèvre nord s'est affaissée et la lèvre sud s'est exhaussée; de sorte que les Maures furent limités par une muraille abrupte qui devint une falaise de la mer permienne. Aujourd'hui, à vrai dire, on ne constate plus l'existence de la faille elle-même, et l'examen des lieux ne montre qu'une falaise permienne. Mais la façon dont s'arrête brusquement le massif granitique de Plan-de-la-Tour d'une part, et la complète discordance de stratification entre les assises cristallophylliennes et les assises permienes, d'autre part, ne semblent pas pouvoir s'expliquer autrement que par l'existence d'une faille.

D'après ce que nous venons de dire, la faille partant du bord de la mer à la pointe Saint-Aigoux suit le versant nord des Maures. Entre les Arcs et Vidauban, la faille s'est dédoublée en deux branches qui se réunirent ensuite. La branche sud, suivie par la rivière d'Aille, sépare de la masse principale un îlot de micaschistes à minéraux. Enfin la faille vient se terminer au niveau de Pignans. Aussi à partir de ce point peut-on voir l'affleurement du permien inférieur caché jusque-là par les assises supérieures.

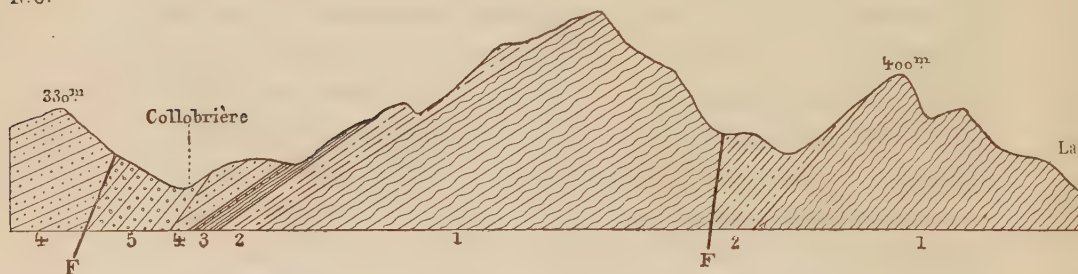
A l'intérieur du massif il s'est produit deux failles principales perpendiculaires au sens de la pression. Ces failles suivent la vallée de la Molle dans sa partie ouest et la vallée du Collobrier. Elles ont leur regard dirigé vers le sud et c'est la lèvre nord qui s'est élevée relativement à la lèvre sud. Ces deux failles, en effet, divisent le massif en trois bandes dirigées de l'est vers l'ouest. Or l'altitude des sommets est moindre dans la bande sud que

dans la bande moyenne et dans celle-ci que dans la bande nord. En outre, à Collobrière, des sondages effectués dans le permien pour rechercher la houille ont permis de constater que la lèvre nord de la faille surplombe au-dessus du permien.

De ce que les couches sont d'autant plus relevées qu'elles appartiennent à une bande située plus au nord il résulte que les assises d'un horizon minéralogiquement déterminé sont rejetées d'autant plus vers l'ouest qu'elles appartiennent à une bande située plus au nord. Cette remarque permet de comprendre pourquoi, dans la coupe suivante, après avoir coupé les gneiss supérieurs dans la bande moyenne, on retrouve les micaschistes qui leur sont supérieurs dans la bande sud.

FIG. 36.

N. O.



Coupe des Maures suivant une ligne N 40° O — S 40° E passant par Collobrière et Lavandon.

1. Gneiss supérieurs — 2. Micaschistes supérieurs — 3. Amphibolites — 4. Phyllades archéennes.

Échelles : longueurs = $\frac{4}{200000}$; hauteurs = $\frac{4}{20000}$

Outre ces failles principales, plusieurs autres, beaucoup moins importantes se sont produites. Plusieurs des petites vallées qui s'ouvrent à l'ouest, sont limitées au nord par une faille dont la muraille sert de point d'appui aux assises du permien inférieur.

D'autres failles s'observent dans le voisinage du granite de Plan-de-la-Tour. Mais conformément à la remarque faite relativement à la direction des collines, la poussée fut déviée dans sa

direction par la résistance du granite, et les failles, au lieu d'être dirigées de l'est à l'ouest, le sont du nord au sud. C'est ainsi que M. Zürcher opine à croire qu'une faille s'est produite le long de la limite ouest du massif granitique. Nous avons nous-même constaté l'existence de deux failles nord sud, l'une de peu de longueur passant à l'ouest du Col-des-Cauvins, et l'autre séparant les gneiss de Saint-Tropez des amphibolites entre Ramatuelle et Gassin.

Quant à la direction de l'inclinaison des couches, elle a naturellement été modifiée par les mouvements. Les couches, primitivement inclinées de l'est vers l'ouest, se sont inclinées vers le nord-ouest. Ce changement de direction s'est surtout produit dans la partie sud du massif, plus éloignée du granite et par suite offrant moins de résistance aux mouvements. C'est ainsi que dans les 1^{re}, 2^e et 3^e chaînes de collines que nous avons distinguées, les couches sont inclinées du sud 30° est, vers le nord 30° ouest. Dans les autres chaînes l'inclinaison vers le nord, quoique très nettement indiquée, est beaucoup moins marquée. Il résulte de là qu'en suivant la ligne de plus grande pente des couches, on ne suit pas la ligne qui les traverse suivant leur épaisseur.

En outre, ces mouvements ont déterminé à l'ouest du granite de Plan-de-la-Tour des plissements. Nous en avons constaté deux. Ces plissements, quoique sensiblement dans le prolongement les uns des autres, ne paraissent pas en continuité, mais nous n'oserions rien affirmer à ce sujet.

Dans la coupe de la pl. VIII, fig. 2, on voit le houiller et le permien inférieur pris dans un de ces plissements formé au milieu de l'étage des gneiss leptynitiques.

Dans la rade de Cavalaire, on peut constater l'existence d'un second plissement formé dans les amphibolites séparées par une faille des gneiss de Saint-Tropez et reposant sur les micaschistes à minéraux, inclinés ici vers l'est. Étant supérieures aux micaschistes, ces amphibolites doivent être rapportées au niveau de Collobrière, quoique leur situation géographique semble au

premier abord devoir les faire rapporter au niveau inférieur. La présence de lambeaux de schiste à sérécité vient d'ailleurs corroborer notre manière de voir.

FIG. 37.



Coupe de la Rade de Cavalaire.

1. Gneiss leptynitiques — 2. Micaschistes à minéraux — 3. Amphibolite.

Il nous reste à déterminer l'époque où se sont produites ces modifications importantes et dans le relief et dans la disposition des assises cristallophylliennes. Et d'abord, il est bien évident que les mouvements subis par la région ne se sont pas produits brusquement à un instant déterminé, mais se sont fait sentir pendant une période d'assez longue durée. Quant aux modifications résultant de ces mouvements, elles ont dû se manifester d'abord lentement jusqu'au moment où la limite d'élasticité des assises fut dépassée. Il y eut alors une modification brusque, consistant dans la formation de ruptures et de plis, permettant aux assises de céder de nouveau lentement aux pressions qu'elles supportaient. Nous devons donc distinguer deux périodes : la première précédant l'instant où fut dépassée la limite d'élasticité, la seconde la suivant.

A quel instant a commencé la première période? — Il nous est facile de le déterminer en remarquant que les pays environnants étaient jusque-là émergés. A la suite des premiers mouvements, la mer permienne entoura les Maures et pénétra dans les vallées s'ouvrant à l'ouest, dans celle de Collobrière en particulier. Cette période se continua pendant le dépôt du permien inférieur, et la rupture se produisit une fois ce dépôt effectué. En effet, dans les vallées de l'ouest, les failles affectent

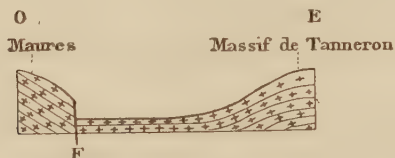
le permien inférieur et l'affectent seul. On pourrait objecter que ces érosions ont enlevé dans ces vallées le permien supérieur, si l'interprétation des faits observés à Plan-de-la-Tour n'apportait la certitude la plus complète à ce sujet. Ici en effet, comme on le voit dans une coupe de la pl. VIII, fig. 3, le permien est pris dans un pli, et les assises supérieures, si elles se fussent déposées auraient échappé à l'action des eaux.

Quant à la seconde période, tout porte à croire qu'elle s'est prolongée jusqu'à l'époque du dépôt du muschelkalk. Le trias ayant été raviné tout autour des Maures, nous ne trouvons pas ici les éléments suffisants pour établir ce fait; mais nous constaterons dans l'Estérel que le muschelkalk a participé aux soulèvements subis par la région. Sur le pourtour nord des Maures, nous ne trouvons que le permien supérieur qui a été relevé comme on le voit sur les coupes que nous donnons de la vallée. Mais ces assises n'ont pas été affectées par la faille qui longe les Maures, comme le sont les assises du permien inférieur dans la vallée de Collobrière. La faille est antérieure au dépôt du permien supérieur et la lèvre sud a servi de falaise à la mer permienne dont les dépôts, en bien des points, reposent sur les roches cristallophylliennes relevées.

Nous allons maintenant rechercher l'influence de ces mouvements sur le relief de la région de l'Estérel. Cette région, comme nous avons eu l'occasion de le dire plus haut, était primitivement traversée suivant la direction nord-sud par le pli anticlinal des Maures et par le pli synclinal opposé formant la vallée du Reyran où s'est déposé le houiller. Puis il s'est produit un affaissement transformant cette région en un détroit de la mer permienne, détroit limité d'une part par les Maures, de l'autre par le massif de Tanneron. Mais l'affaissement ne s'est pas produit de la même façon sur les deux rives. Comme nous le disions, le long des Maures il s'est formé une faille avec affaissement de la lèvre nord de façon à transformer la lèvre sud en falaise.

Sur la rive nord du détroit, il y a eu un simple plissement des couches. Le profil de la vallée pouvait donc se représenter par la figure schématique suivante.

FIG. 38.



Coupe schématique de la vallée de l'Argens à l'époque permienne.

Ces conclusions sont le résultat de la considération des différentes coupes que l'on peut observer à travers la vallée, et en particulier, de celle passant par Roquebrune et Bagnols.

Ces différences que nous observons dans la disposition des couches sur les deux rives, semblent d'ailleurs pouvoir s'expliquer facilement. Le pli anticlinal des Maures était coupé perpendiculairement à sa direction et suivant sa plus grande largeur par le rivage sud. Les assises cristallophylliennes déjà redressées, soit vers l'ouest, soit vers l'est, devaient mal se prêter à un affaissement vers le nord; de même le massif granitique devait résister à tout plissement. Pour ces deux causes, la formation de la vallée devait entraîner une rupture dans le sol. Au nord, au contraire, le pli anticlinal devait être moins accusé et le massif granitique devait se terminer en fuseau comme au sud; les assises cristallophylliennes ont donc pu se plier sans se rompre et former un rivage en pente douce. Autrement dit, elles ont cédé à la pression comme les assises des collines 1, 2 et 3 des Maures, qui passent au sud du massif granitique.

L'affaissement de la vallée a commencé à se produire avant l'époque permienne, puisqu'il a permis à la mer permienne de pénétrer dans cette région; mais le phénomène a-t-il suivi les

mêmes phases que la formation de la vallée de Collobrière? La faille qui longe les Maures s'est-elle formée dès le début de l'affaissement ou après le dépôt du permien inférieur? Il est difficile de se prononcer, puisque cet étage nous est caché par le permien supérieur. Mais il est probable que la faille limitant les Maures est contemporaine des failles que l'on observe à l'intérieur du massif. D'autres phénomènes qui se sont produits dans l'Estérel à la fin du permien inférieur, indiquent en effet qu'il y a eu à cette époque rupture d'équilibre dans cette région.

C'est à cette époque que la montagne de l'Estérel a commencé à se soulever sous l'action combinée de la poussée dirigée suivant une direction sud nord, et d'une résistance opposée par les régions situées au nord. Il s'est produit un pli anticlinal ayant son versant nord abrupt. Ce pli s'est formé le long du rivage nord du détroit; mais de façon à laisser sur le versant nord du pli une bande du permien inférieur. Et de même que la formation du pli anticlinal des Maures fut accompagnée d'une éruption de granite, de même ici le soulèvement fut accompagné ou suivi de près par l'éruption des porphyres rouges suivant l'axe du soulèvement.

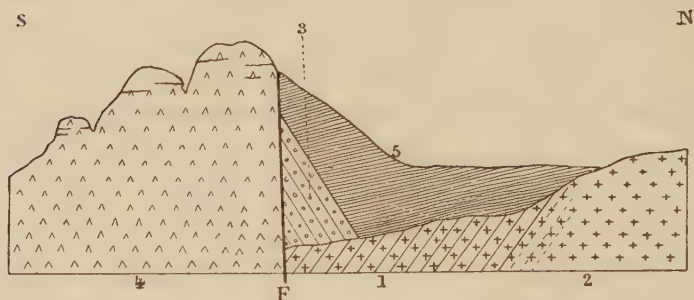
En même temps se produisit peu à peu un pli synclinal au nord du pli anticlinal, et cela par l'affaissement de couches cristallophylliennes jusque-là émergées.

Par suite de cet abaissement de niveau, la mer du permien supérieur et la mer triasique purent pénétrer au nord de l'Estérel et y déposer leurs sédiments en assises présentant une complète discordance de stratification avec les assises du permien inférieur.

Cette discordance peut facilement s'observer dans la plaine située en face de Bagnols et dite le Plan-de-Bagnols. Là où les érosions ont suffisamment entamé les assises permien supérieures, on peut voir les grès et conglomérats gris du permien inférieur très redressés et inclinés vers le nord. Sur ces couches, s'appuient les schistes rouges du permien

supérieur qui sont horizontaux, et même légèrement inclinés vers le sud.

FIG. 39.



Coupe du Plan-de-Bagnols.

1. Gneiss injectés de granulite — 2. Granulite — 3. Conglomérat de base du permien
— 4. Porphyre rouge — 5. Schistes permien supérieurs,

La disposition des couches dans la coupe générale (Pl. VIII, fig. 3) et la coupe particulière ne peut s'expliquer par ce seul soulèvement, puisque les couches triasiques, par exemple, s'observent aujourd'hui au sommet de l'Estérel. Tout porte à croire que l'axe du soulèvement s'est déplacé vers le nord parallèlement à lui-même, de façon à laisser sensiblement horizontales les assises sédimentaires situées sur l'axe lui-même, et à relever plus ou moins les assises situées soit au nord, soit au sud de cet axe. C'est ainsi que les grès bigarrés et le muschelkalk au nord sont inclinés à 45° vers le nord, que les piliers des porphyres rouges, au lieu d'être rigoureusement verticaux, sont légèrement infléchis vers le sud, et que les assises permien et triasiques appuyées contre ces porphyres sont également inclinées vers la vallée de l'Argens.

Mais les effets de ces mouvements ne sont pas limités au redressement des couches. Une faille s'est produite suivant l'axe de l'Estérel, depuis son extrémité ouest jusqu'au point de rencontre de la route d'Italie. Cette faille a affecté les massifs porphyriques et il y a eu affaissement de la lèvre nord. C'est

pourquoi les porphyres se terminent au nord par une muraille verticale contre laquelle s'appuient et les assises du permien supérieur et les assises du grès bigarré.

La forme particulière des masses porphyriques et leur relation avec les assises sédimentaires ne sont pas des raisons suffisantes pour affirmer l'existence d'une faille, la forme des porphyres pouvant être due à la forme de la fente d'éruption et la position des schistes et grès, à ce que les porphyres formaient une falaise des mers permienues et triasiques. Heureusement de chaque côté de la vallée du Reyran, c'est-à-dire aux extrémités des massifs porphyriques, les érosions ont déterminé des coupes naturelles qui permettent de constater l'existence des failles; l'une d'elles est indiquée dans le développement que nous donnons de la route de Fréjus à Bagnols (Pl. VIII, fig. 4); l'autre sur la coupe du talus de la route de Fréjus aux Bosons où elle coupe une coulée de porphyre tubulaire (fig. 22). Ces deux coupes montrent bien, par l'inclinaison des couches, que c'est la lèvre nord qui s'est affaissée.

ÉTUDE

STRATIGRAPHIQUE & PÉTROGRAPHIQUE

Des Roches éruptives postprimaires

ROCHES POSTPRIMAIRES

Dans ce troisième chapitre de notre travail nous étudierons les roches qui firent éruption après la formation des dépôts permien. Ces roches sont les porphyres bleus de Saint-Raphaël, les labradorites et les basaltes dont les coulées s'observent dans les Maures et en des points disséminés dans le sud de la Provence. L'époque de l'éruption de ces deux dernières roches peut être facilement déterminée, elles se sont fait jour pendant l'ère tertiaire. Il n'en est malheureusement pas de même de la première. Le porphyre bleu est postérieur au permien ; mais est-il contemporain du trias, ou a-t-il fait éruption pendant l'ère tertiaire ? C'est là une question que l'étude de la région ne permet pas d'élucider. Sa postériorité relativement au permien, le sépare des porphyrites qui sont contemporaines de ce terrain et nous l'a fait ranger à côté des roches tertiaires.

Une division rigoureuse du sujet demanderait à ce que son étude fût le sujet d'un chapitre distinct ; mais il nous suffit de faire cette remarque pour nous éviter d'ouvrir un chapitre spécial à cette roche que tout porte à considérer comme tertiaire.

I

PORPHYRE BLEU DE SAINT-RAPHAËL

L'éruption de ce porphyre a été tout à fait locale; on ne l'observe qu'entre Saint-Raphaël et Agay où il forme un massif unique. Ce massif envoie des prolongements sous forme de coulées dirigées comme celles des roches étudiées précédemment de l'est à l'ouest. Cette disposition ne ressort pas, d'ailleurs, nettement de la considération d'une carte géologique détaillée comme celle de M. Potier, car l'auteur était naturellement astreint à n'indiquer que la nature du terrain superficiel. Or, comme nous le dirons plus loin, le porphyre n'a traversé le permien que sur les bords du massif; dans la partie centrale, il l'a simplement soulevé. Dans la suite, les érosions enlevant les assises sédimentaires, ont mis le porphyre à nu; mais la direction des parties ainsi rendues visibles, est en rapport non avec le sens des fentes ayant permis l'éruption, mais avec le relief du pays. Comme en ces points, les collines sont dirigées perpendiculairement au rivage, il s'ensuit que sur une carte, le porphyre paraît former des coulées perpendiculaires à la direction véritable de l'épanchement.

Aperçu historique.

Élie de Beaumont est le premier qui ait attiré l'attention des géologues sur ce porphyre, disant que peut-être on devrait le distinguer complètement du porphyre rouge quartzifère et le

rapprocher des trachytes. Après avoir fait quelques remarques sur leur composition, cité la présence des cristaux bipyramidés de quartz, des cristaux d'albite, il dit :

« Ce porphyre présente, en général, dans sa maigreur au toucher, dans son aspect vitreux et fendillé et même dans la forme intérieure de ses cristaux d'albite, des traits frappants de ressemblance avec certains trachytes, et je le rangerais, sans hésiter, parmi ces roches, si les noyaux quartzeux qu'il renferme en abondance ne rappelaient, d'une manière également frappante, les porphyres quartzifères des bords du lac de Lugano. »

Quoique attribuant aux porphyres bleus un rôle prépondérant dans la formation du relief de la contrée, Coquand ne donne pas à leur étude de développement en rapport avec leur importance. Après avoir reproduit en substance la description d'Élie de Beaumont, il généralise les faits observés au contact des porphyres et du permien, faits consistant dans le soulèvement de ce dernier par la roche, et arrive à cette conclusion qu'il énonce sans la démontrer que le soulèvement de l'Estérel est dû à l'éruption des porphyres bleus. Puis il indique leurs points de ressemblance avec un porphyre granitoïde bleu de la rade d'Enfola dans l'île d'Elbe, et considérant celui-ci comme tertiaire, il est amené à formuler la même conclusion pour les roches qui nous occupent et par cela même à considérer l'Estérel comme dû à un soulèvement récent.

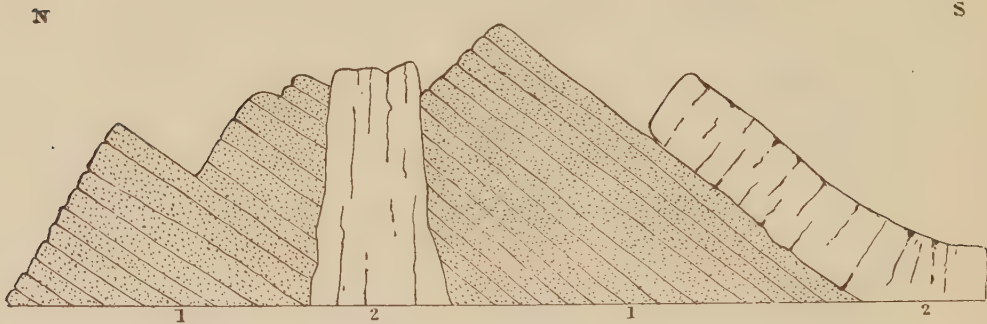
M. Potier, dans la notice explicative de sa carte, fait remarquer l'incertitude qui règne sur son âge et ajoute que son analogie avec les dacites fait penser qu'il est tertiaire.

Relation du porphyre avec le permien.

Les relations du porphyre et des assises permienues se déterminent facilement par l'observation de la tranchée du chemin de fer et de la côte.

Sur le bord de la mer, la pointe de la Pierre-Blave nous offre la coupe suivante :

FIG. 40.



Coupe de la pointe de la Pierre-Blave.

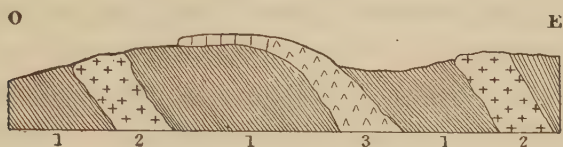
1. Grès permien — 2. Porphyre bleu.

Des grès rouges permien à grains fins parfaitement réglés sont traversés par une coulée verticale de 4 mètre 50 environ de largeur. La roche est divisée par un système de fentes également verticales. Sur les grès repose une autre coulée de même épaisseur divisée par des fentes perpendiculaires à la surface des grès. Il est à remarquer que les grès n'ont subi aucune modification et qu'il n'y a aucune adhérence entre eux et la roche éruptive. Au contraire entre la coulée horizontale et ces grès, existe un espace vide de 4 à 5 centimètres de haut permettant aux eaux de circuler librement entre les deux roches. Un peu plus loin, il est vrai, sur un bloc de porphyre, détaché par l'exploitation, nous avons pu observer des grès contenant des cailloux roulés de porphyrite qui faisaient corps avec le porphyre, l'adhérence a dû être le résultat de la fluidalité primitive du porphyre.

Le long de la voie du chemin de fer, on retrouve une série de coupes montrant comme la coupe précédente le porphyre traversant le permien. La colline dont nous avons déjà représenté un talus à propos des porphyrites est des plus intéressantes à ce point de vue. Elle est en partie formée par deux coulées de

porphyrite qui se fusionnent au bas du talus; cette partie commune est traversée par une coulée de porphyre bleu qui suit la surface du schiste permien et s'étend sur une largeur d'une dizaine de mètres avec une épaisseur de 50 à 60 centimètres. On constate toujours l'existence de fentes perpendiculaires à la surface des schistes.

FIG. 41.

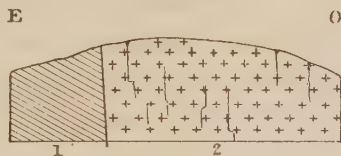


Tranchée du chemin de fer près Boulouris.

1. Schistes permien — 2. Porphyrite — 3. Porphyre bleu.

Si l'on continue à suivre la voie on arrive au passage à niveau du Dramont et on entre au milieu de la masse des porphyres; à chaque extrémité le porphyre s'étend sur les assises des schistes sous forme de coulées et est divisé par des fentes perpendiculaires aux schistes; dans la partie centrale ces fentes sont verticales. A propos des porphyrites nous avons donné la coupe montrant l'une des extrémités du massif. Cependant, au niveau de la vigie du Dramont, on voit les porphyres bleus traverser franchement les schistes, les deux parois de contact étant verticales.

FIG. 42.



Tranchée du chemin de fer près le Dramont.

1. Schistes permien — 2. Porphyre bleu.

Il est à remarquer qu'au contact les schistes sont intacts, tandis que les porphyres ont subi d'importantes modifications

sur lesquelles nous aurons à revenir lors de la description de la roche.

De l'examen des coupes précédentes, il résulte que le porphyre est nettement postérieur aux assises permienes. Les autres terrains sédimentaires faisant défaut dans la contrée, les points de repère nous manquent pour en établir d'une façon plus précise, l'âge d'éruption. Sur le versant nord de l'Estérel existent bien les assises triasiques; mais il ne faut pas oublier que lors du dépôt du permien supérieur, c'est-à-dire avant l'éruption du porphyre, l'Estérel et les Maures étaient déjà soulevés. La baie de Saint-Raphaël était donc dès cette époque complètement séparée des mers triasiques, et par suite, en admettant même que le porphyre fût une roche triasique, ses galets ne pouvaient entrer dans la composition des assises de cette époque. La comparaison de la roche elle-même avec d'autres roches d'âge bien déterminé pourra peut-être nous fournir des indices. Mais nous ne pouvons que faire des conjectures, l'exemple des dolérites étudiées dans le chapitre précédent nous montrant combien on doit être circonspect dans de telles occasions.

Description macroscopique.

Des échantillons de porphyre bleu de Saint-Raphaël se trouvent dans toutes les collections; il suffira donc d'en donner une rapide description, d'autant plus que le porphyre ne formant qu'un seul massif, les modifications y sont peu importantes; elles consistent uniquement dans une variation de dimensions des cristaux. On peut dire, d'une façon générale que les cristaux très gros au nord-ouest vont en diminuant d'une façon continue quand on se dirige vers le sud-est. Au nord-ouest du massif le porphyre est formé d'une pâte bleu pâle, peut-être moins terreuse que la pâte des trachytes, mais ayant cependant une grande analogie avec elle. Dans cette pâte se trouvent disséminés des cristaux d'andésine, de quartz et d'amphibole.

Les cristaux d'andésine sont très grands; leur longueur peut

atteindre 3 centimètres ; mais la longueur de 4 centimètre 5 est la plus fréquente ; ces cristaux peuvent former à eux seuls la majeure partie de la roche qui, sur la tranche prend absolument l'aspect d'une mosaïque. L'andésine présente un éclat vitreux, surtout dans la partie centrale des cristaux, la partie périphérique étant mate par suite d'une décomposition partielle. On peut constater quelquefois l'existence de deux cristaux maclés suivant la macle de Carlsbad, mais le plus souvent les gouttières dues aux macles de l'albite révèlent la structure de l'assemblage.

Les grandes dimensions de ces cristaux ont naturellement engagé les minéralogistes à les étudier d'une façon spéciale. M. Descloizeaux dans son *Traité de Minéralogie*, s'exprime de la façon suivante à leur sujet : « Des mesures approximatives prises au goniomètre d'application sur des cristaux extraits du porphyre de l'Estérel, département du Var, m'ont donné :

mg^1 119° à 120°.	pg^1 gauche 87° à 88°.
tg^1 120°.	pm ant. 111° à 112°.
mu 122° macle.	pt ant. 115°.
t 119° à 120° macle.	$pb^{1/2}$ adj. 125° à 126°.
$pa^{1/2}$ 101° à 102°.	

» Les cristaux de l'Estérel présentent assez habituellement la combinaison des formes m t g^2 g^1 p $a^{1/2}$ $b^{1/2}$ $c^{1/2}$. Leurs macles sont simples ou doubles. Dans la macle simple le plan d'assemblage est parallèle et l'axe de rotation perpendiculaire à g^1 . Les macles doubles sont de deux espèces. La première peut se concevoir en supposant que deux macles simples ayant d'abord été placées parallèlement l'une à l'autre, celle de droite, par exemple, a fait une révolution autour d'une arête $\frac{p}{g^1}$ pour venir s'accoler au-dessous de celle de gauche, suivant une des bases inférieures, l'intervalle entre les deux autres bases étant rempli par une ou plusieurs lames hémitropes ; l'assemblage complet offre alors quatre faces m d'un côté et quatre faces t de

l'autre côté, deux angles rentrants entre ces faces p supérieures et inférieures, un angle rentrant entre deux de ses faces g^1 et un angle sortant entre les deux autres.

La seconde a lieu par la pénétration, parallèlement à g^1 de deux macles simples dont l'une restant fixe, l'autre est censée avoir tourné autour d'une arête $\frac{m}{t}$ de manière à ce que ses faces p viennent se placer en regard des faces $a^{1/2}$ de sa voisine. »

Rammelsberg et Sainte-Claire Deville ont analysé ces cristaux et obtenu les résultats suivants :

SiO ²	58,32	57,01	52,42
Al ² O ³	26,52	28,05	24,78
CaO	8,18	7,53	15,02
NaO	5,27	5,47	5,10
KO	2,36	0,12	0,14
MgO	0,11	0,39	0,51
Perte au feu	0,60	1,43	2,03
	401,36	400 »	400 »

La première donne la composition d'un cristal entier; la seconde ne se rapporte qu'à la partie centrale vitreuse; la troisième à la partie périphérique décomposée. La seconde seule a donc de l'intérêt. Cette composition rapproche le feldspath des porphyres bleus du feldspath type ayant pour formule Ab_4An_3 , c'est-à-dire de l'andésine la moins siliceuse. M. Descloizeaux a déterminé les angles d'extinctions rapportés à l'arête pg^1 dans le plan p et le plan g^1 (1). Dans le premier plan il a trouvé pour cet angle la valeur de 2° 16' à 2° 27'; dans le second, la valeur de 10° à 12°.

D'après M. Max-Schuster, dans le feldspath Ab_4An_3 , les angles sont de 2° 58' et 10° 26'.

Les cristaux de quartz sont moins nombreux, mais sont égale-

(1) Descloizeaux, *Mémoire sur le microcline et le feldspath tricliniques* (An. Ch. et Ph., XIX, 5^e série, 1871).

ment très grands; ils sont toujours bipyramidés et leurs dimensions atteignent quelques millimètres.

L'amphibole est plus rare et ses cristaux dans leurs plus grandes dimensions ne dépassent pas 2 millimètres; à formes polyédriques assez nettes, ils sont d'un vert foncé sans éclat, par suite d'un commencement de transformation presque constant en chlorite.

Cette variété de porphyre bleu se décompose facilement sous l'action des agents atmosphériques. La pâte bleue, le feldspath et l'amphibole donnent naissance à une terre cultivable d'un jaune très clair, par suite de la très faible quantité de fer qu'ils contiennent. Et dans cette terre on retrouve, intacts ou émoussés sur leurs arêtes, les cristaux bipyramidés de quartz.

En se dirigeant vers le sud-est on rencontre une variété différant fort peu de la variété précédente. Les cristaux sont simplement moins grands. Ces cristaux de feldspath n'ont plus que 2 ou 3 millimètres de diamètre; mais les cristaux des différentes espèces s'y retrouvent dans les mêmes proportions que dans la variété à grands éléments. Cette variété à cristaux moyens forme la majeure partie du massif; c'est elle qui a été exploitée par les Romains.

Sur le bord de la mer on a ouvert une grande carrière où on exploite, pour en faire des pavés, une variété réellement différente des précédentes. La pâte, presque blanche, n'a que des reflets bleuâtres. Les cristaux de feldspath, très petits, à part quelques exceptions, se confondent avec cette pâte et ne sont pas visibles. Le quartz est rare; par contre, l'amphibole en petits cristaux est très abondante. En certains points même, les cristaux d'amphibole sont réunis en si grand nombre qu'ils forment la roche presque à eux seuls. Cette variété de porphyre résiste énergiquement aux agents atmosphériques. Au contact des schistes permien s elle peut présenter des modifications vraiment remarquables. Loin de tout contact les cristaux que l'on peut distinguer soit de feldspath, soit d'amphibole sont allongés; quand on se rapproche des assises sédimentaires, ils se raccour-

cissent et leurs dimensions diminuent, si bien qu'au contact du permien, la roche devient granuleuse, rude au toucher, et on ne voit plus à l'œil nu que de petites paillettes de mica blanc.

La roche ressemble tellement à un grès micacé à grain fin que si nous n'en avons suivi toutes les modifications pas à pas, nous nous refuserions à voir dans cette roche, une variété de porphyre bleu.

Description microscopique.

Les cristaux que révèle l'examen au microscope sont, rangés par ordre de consolidation, le quartz, le fer oxydulé, l'apatite d'abord, puis l'amphibole et en dernier l'andésine (Pl. IV, fig. 3).

Le quartz est rare, ses grandes dimensions le faisant en général exclure des préparations. Ces cristaux corrodés renferment d'assez nombreuses inclusions allongées, contenant presque toutes une bulle fixe; le fer oxydulé plus fréquent, se présente soit en grains arrondis soit en cristaux montrant nettement les formes du système cubique, quoique les arêtes en soient généralement émoussées. L'apatite est presque toujours à l'état d'inclusion dans l'amphibole et n'offre rien de particulier.

L'hornblende que nous avons rencontrée à l'état d'inclusion dans le feldspath est en cristaux allongés suivant h^1g^1 ; aussi les sections perpendiculaires pour cette zone sont-elles très rares et les deux clivages ont le plus souvent leurs traces parallèles. Cette amphibole relativement peu dichroïque est assez fréquemment maclée. Elle est souvent décomposée et donne naissance soit à une substance serpentineuse homogène d'un vert bleuâtre pâle, soit dans d'autres cas à de la calcite accompagnée de chlorite et d'une autre substance fibreuse incolore donnant des teintes aussi vives que celles de la muscovite. Il est à remarquer que dans ce mode de décomposition, les trois substances sont pétries de granules de fer oxydulé, faisant défaut dans le premier cas. Certains cristaux d'amphibole présentent

des zones concentriques semblables à celles observées dans les feldspaths; mais ces cristaux sont rares.

L'andésine se présente en grands cristaux à formes polyédriques très nettes. Fréquemment ces formes s'observent à l'une des extrémités du cristal, tandis qu'à l'autre extrémité le feldspath se fond insensiblement avec la pâte de la roche. Ces cristaux d'un éclat vitreux présentent tantôt des traces très nettes de clivage, tantôt des fentes sinueuses, mais ayant cependant une tendance marquée au parallélisme. Ils sont associés soit par juxtaposition, soit par pénétration, de façon à constituer des macles de nature multiple. Certains sont formés de lamelles hémitropes, les unes très larges, les autres excessivement fines, l'épaisseur de chacune d'elles variant beaucoup.

Cette irrégularité dans les lamelles donne à ce feldspath une grande ressemblance avec le labrador. Il s'en rapproche d'autant plus que les teintes en lumière polarisée sont très vives et que les extinctions se font avec une précision remarquable. Outre cette juxtaposition, on peut observer l'association très complexe par pénétration : tantôt le cristal se décompose en plages orientées différemment sans ligne de séparation précise entre les plages composantes; tantôt les cristaux sont nettement individualisés, et on reconnaît en particulier les macles reconnues macroscopiquement par M. Descloizeaux; nous avons en outre observé la macle du péricline, soit dans le cas de nombreuses lamelles hémitropes, soit dans le cas des deux grands cristaux juxtaposés. Bien des cristaux sont en outre traversés par de fines veinules ramifiées et anastomosées ne s'éteignant pas en même temps que la masse du cristal. Il nous serait difficile de nous prononcer sur la nature de ces veinules; sont-elles simplement formées d'andésine différemment orientée, ou d'un autre feldspath comme les veinules d'albite du microcline?

Enfin le feldspath présente de nombreuses zones concentriques généralement moins accentuées dans les grands cristaux que dans les petits. Les angles d'extinction sont différents dans ces zones

et si en faisant tourner la préparation on peut obtenir leur effacement, cette position ne coïncide pas avec celle où les lamelles hémitropes disparaissent. Nous nous trouvons donc dans le deuxième cas distingué par M. Michel Lévy (1). Dans ce cas, les zones seraient formées de feldspaths différents. Ce résultat est confirmé par ce fait que, au début de la décomposition, celle-ci affecte certaines zones, laissant les autres intactes.

Les inclusions de ce feldspath sont assez nombreuses; et il est à remarquer qu'un assez grand nombre de ces inclusions sont identiques à celles du quartz, c'est-à-dire présentent comme celles de ce dernier minéral une bulle fixe.

La décomposition du feldspath donne principalement naissance à de la calcite; mais ce stade paraît être précédé d'un état particulier. Autour des gros cristaux on constate fréquemment la présence d'une zone sans éclat vitreux, ayant une surface légèrement granuleuse. Ces parties polarisent moins vivement la lumière que les parties centrales intactes, et à l'extinction, au lieu d'être franchement noires, sont grisâtres. Dans bien des petits cristaux, cette transformation s'est produite dans toute l'épaisseur. C'est cette substance particulière qui a été analysée par Deville qui a obtenu la composition donnée précédemment.

Enfin nous indiquerons comme exceptionnelle la présence d'un cristal à contours nettement polygonaux que nous croyons devoir rapporter au talc.

En général, et en particulier dans le porphyre à gros éléments, les cristaux précédents sont plongés dans une substance pétrosiliceuse à grains très fins. Dans cette substance, sont disséminés plusieurs éléments : des granules de fer oxydulé, beaucoup plus nombreux qu'on ne peut s'y attendre, d'après la coloration pâle de la roche; des microlites excessivement petits, polarisant vivement la lumière dans les tons jaunes, s'éteignant suivant leur

(1) Michel Lévy : Sur la position d'égale intensité de deux minéraux juxtaposés, *B.S.M.*, t. VI, 1883.

longueur, et probablement formés de talc; enfin des microlites d'orthose caractérisés par leur extinction symétrique.

Dans certaines parties de la roche la pâte est dans un état cristallisé beaucoup plus avancé. On peut même dire qu'elle est entièrement cristallisée; les différentes espèces de substances cristallisées sont restées enchevêtrées les unes dans les autres et n'ont pu en général former de véritables cristaux. On distingue en effet dans cette pâte des microlites trapus non maclés, à sections généralement rectangulaires d'orthose; des lamelles d'amphibole fréquemment transformées en chlorite ou en épidote verdâtre et dichroïque et des grains de quartz; le tout englobé dans des plages feldspathiques qui se fusionnent irrégulièrement les unes avec les autres.

Quant aux parties du porphyre bleu qui, en contact avec les schistes rouges permien, ressemblent extérieurement, à s'y méprendre, à des grès micacés, leur examen microscopique ne fait que confirmer cette apparence. Ils ont en effet tous les caractères d'une arkose. Ils sont principalement formés de cristaux de quartz, de feldspath triclinique et de mica blanc, brisés, corrodés, plongés dans un ciment. Ce dernier seul rapproche la roche des porphyres. Il est formé d'une substance pétrosiliceuse conservant toujours une teinte sombre et présentant une disposition fluidale assez marquée. Ces traînées sensiblement parallèles entre elles dans leur direction générale sont parallèles aux paillettes de mica blanc assez nettement orientées, malgré les torsions qu'elles ont subies de la part des autres cristaux.

Nous avons comparé le porphyre bleu de Saint-Raphaël à la dacite de Hongrie. Il n'est certainement pas possible de trouver une plus grande similitude de caractères dans deux roches de gisements aussi éloignés. Elles sont identiques non seulement par la nature des éléments, mais encore par leur mode de décomposition. La pâte de la dacite dans l'échantillon que nous avons observé se rapproche surtout de la pâte des porphyres, là où cette pâte présente son état cristallisé le plus accentué.

Cette similitude de caractères explique donc le rapprochement que l'on a fait de ces roches, et la conclusion que l'on en a tirée pour les porphyres, savoir leur âge tertiaire. Mais comme nous l'avons déjà fait remarquer en commençant, l'identité aussi complète des dolérites primaires et des dolérites tertiaires montre trop clairement que deux roches en tout semblables peuvent être d'âges très différents, pour que nous nous laissions aller à formuler cette conclusion. Nous préférons laisser la question en suspens et espérer que des découvertes postérieures permettront de la résoudre d'une façon précise. Nous devons dire cependant que nous ne serions nullement étonnés si l'on venait à établir que le porphyre bleu de Saint-Raphaël n'est qu'une variété acide des labradorites d'Antibes que nous allons étudier.

II

LABRADORITES

Les labradorites ne s'observent qu'aux environs d'Antibes et de Biot, c'est-à-dire à l'extérieur de la région des Maures et de l'Estérel. Mais leur proximité ne permet pas de douter que leur éruption ne soit due aux dislocations de cette région; dislocations qui se sont souvent continuées avec des intensités variables à travers les périodes géologiques et qui forcément ont dû affecter les pays voisins. D'ailleurs, comme on le verra après la description microscopique, ces roches pourraient bien n'être qu'un faciès basique du porphyre bleu de Saint-Raphaël et à ce titre nous devons l'étudier avec le même soin que la roche précédente.

Les labradorites s'observent à l'état de conglomérats dans la presqu'île d'Antibes. Ils forment un banc dirigé du sud au nord, traversant toute la presqu'île. Dans le port même d'Antibes, la falaise, peu élevée d'ailleurs, se prête on ne peut mieux à leur étude. Mais ce banc n'est que de peu d'importance auprès du conglomérat qui s'étend depuis Biot jusqu'à Villeneuve sur une largeur d'environ 5 kilomètres. On les retrouve encore du côté de Vence, formant des îlots beaucoup moins importants.

Aperçu historique.

Coquand est le premier qui ait indiqué la nature trachytique de ces roches dont il a déterminé les conditions de gisements et les caractères intrinsèques. Ces résultats furent vérifiés par la Société géologique lors de son excursion à Nice, et les comptes

rendus de la réunion dus à M. Potier renferment l'exposé de ces résultats.

Coquand décrit, comme suit, ces conglomérats : « Les conglomérats ont généralement une couleur gris cendré dont le fond pâle contraste avec la teinte brunâtre et foncée des blocs de trachyte qui y sont engagés. Cette dernière roche, qui ne se montre nulle part en place, soit à l'état de dômes, soit à celui des dykes est abondamment disséminée au milieu des matières agglomérées en fragments plus ou moins volumineux, lesquels ayant subi pour la plupart un commencement d'altération laissent apercevoir la structure du feldspath qui en forme un des principaux éléments. »

Et plus loin il ajoute : « Sans former précisément des couches bien réglées, les conglomérats présentent pourtant des divisions grossièrement parallèles qui accusent des indices de stratification et l'intervention des eaux dans l'arrangement de leurs parties. Les trainées composées des blocs les plus volumineux constituent des bancs d'une épaisseur très considérable, mais très irréguliers dans leur allure, qui alternent avec des couches formées des mêmes matières triturées jusqu'au point d'avoir été réduites en une espèce de boue fine et de graviers à petits grains ; on dirait des matériaux accumulés à la manière des atterrissements modernes des torrents impétueux. Aussi peut-on remarquer tous les passages depuis les amas de blocs libres, jusqu'à une argile de la plus grande ténuité. Les tufs qui contiennent des fragments de grosseur moyenne retenus dans une pâte grésiforme sont exploités avec beaucoup d'activité entre Biot et Villeneuve comme pierres de construction et comme pierres réfractaires pour le revêtement et pour la solde des fours à soude de Marseille, ainsi que pour d'autres usages domestiques. On aperçoit au milieu de ces tufs quelques obsidiennes et de nombreux fragments d'une substance scoriacée rougeâtre qui a les plus grands rapports avec les matières de même nature que l'on rencontre dans les gisements de Pouzzolane de l'Italie. Les terres meubles qui proviennent de leur désagrégation après avoir

subi l'opération d'un criblage sont transportées à Marseille où elles sont transformées en alun dans les fabriques de soudes factices. »

Age des labradorites.

La présence de nombreux dépôts tertiaires dans les environs d'Antibes et de Nice devrait permettre d'établir avec la plus grande précision l'âge des labradorites. Malheureusement certaines assises, situées soit dans l'éocène supérieur, soit dans le miocène inférieur, sont à l'état de conglomérats. Or, cet état est généralement l'indice d'une modification de la répartition des eaux après le dépôt des assises supportant les conglomérats, et nous n'avons pas de renseignements certains sur l'importance de ces modifications. Ces conglomérats se sont-ils formés immédiatement après le dépôt des assises de l'éocène supérieur, ou se sont-ils formés plus tard, après un retour de la mer pendant la période miocène? Telle est la question à laquelle il faudrait répondre pour déterminer l'âge des labradorites. Quoi qu'il en soit, Coquand a pu constater sur la rive gauche du torrent de la Merderie, dans la vallée de Charlotte près de Biot, que les conglomérats trachytiques reposaient sur le terrain nummulitique. D'autre part, la molasse sur laquelle est bâtie la petite ville de Vence, renferme des débris de ces roches; bien plus, M. Potier a pu constater dans des conglomérats d'Esteron des galets de labradorites. Ces conglomérats sont rapportés à l'éocène supérieur, mais avec la restriction faite plus haut. D'ailleurs comme on ne pourrait jamais que le faire rentrer dans le miocène inférieur, on en arrive à conclure que les labradorites ont fait éruption soit dans l'éocène supérieur soit dans le miocène inférieur.

Description macroscopique.

La couleur de la roche varie du noir verdâtre au gris jaunâtre. Elle est généralement compacte et très cristalline; sur quelques échantillons seulement elle est poreuse et terreuse.

Le grain est généralement trop fin pour qu'on puisse en discerner les éléments et déterminer la nature des cristaux composants; dans certains cas cependant, principalement quand la roche a subi un commencement de décomposition, on distingue sur le fond plus clair de la roche des cristaux peu allongés, d'un feldspath fendillé très vitreux et des cristaux foncés de pyroxène. En certains points, mais beaucoup plus rarement, s'adjoignent à ces éléments des cristaux soit de mica noir, soit d'amphibole, soit de fer oxydulé.

Description microscopique.

Le microscope révèle dans ces roches comme éléments essentiels de première consolidation, l'anorthite, le labrador, le pyroxène augite et de fer oxydulé (Pl. V, fig. 1 et 2).

Les cristaux d'anorthite sont les plus nombreux, l'un des clivages est d'une netteté remarquable; les macles sont multiples et presque toujours associées sur le même cristal. Les lamelles hémitropes sont larges, mais irrégulières; ce qui donne au feldspath une certaine ressemblance avec le labrador. Mais sur des cristaux à sections rectangulaires, chez lesquels les extinctions se faisaient symétriquement par rapport à la ligne de macle, nous avons obtenu pour les angles emprisis entre les deux extinctions de 70°, 68°, 70°. De plus, nous avons obtenu pour la biréfringence maximum la valeur de 0,014, beaucoup trop grande pour le labrador.

Certains cristaux présentent des zones concentriques. La ressemblance de l'anorthite avec le labrador cache, au premier abord, l'existence de ce dernier minéral. Mais l'attaque par l'acide chlorhydrique nous a montré que si la majorité des cristaux feldspathiques appartenaient à l'espèce anorthite, un certain nombre résistaient à l'attaque et devaient être rapportés au labrador.

Le mode d'attaque présente d'ailleurs plusieurs particularités intéressantes. Elle est si prononcée qu'entre les nicols à l'ex-

tion, on croirait à la dissolution du minéral. Quand le cristal présente des zones concentriques, certaines sont attaquées, d'autres ne le sont pas. Il est donc probable que la structure zonaire provient de la formation alternative de labrador et d'anorthite. Hypothèse confirmée par ce fait que les zones extérieures, c'est-à-dire les dernières formées, ne sont jamais attaquées et sont par suite formées du feldspath le plus acide. Bien des cristaux d'ailleurs qui ne présentaient pas précisément une structure zonée, mais offraient simplement une mince couche extérieure différemment orientée, sont attaqués dans toutes leurs parties centrales, tandis que cette partie périclérique est intacte. Autrement dit, la majeure partie des cristaux d'anorthite sont recouverts d'une couche de labrador.

Le pyroxène augite est d'un vert assez sombre, peu polychroïque cependant; les formes cristallines sont assez bien conservées. Toujours allongés suivant *mm*, les cristaux présentent un clivage mieux marqué que l'autre. Les cristaux sont fréquemment maclés et formés de plusieurs lamelles hémitropes. Il est à remarquer que dans la macle, le clivage facile de l'un des cristaux est parallèle au clivage facile de l'autre, de telle sorte que la macle ne se révèle pas en lumière naturelle. Cependant le plan d'assemblage étant le plan *h*¹, après la rotation autour de la perpendiculaire à cette face, le clivage facile de l'un des cristaux devrait devenir parallèle au clivage difficile de l'autre. Il est donc probable qu'il n'y a pas de clivage facile, au sens absolu du mot; et que si l'un des clivages est plus prononcé que l'autre, cela tient simplement à l'obliquité de l'action mécanique qui en a déterminé l'apparition. Certains cristaux montrent d'une façon très nette le passage de certaines plages au diallage, par la présence de fines stries parallèles. Les inclusions du pyroxène sont nombreuses; les plus fréquentes sont incolores et renferment un grain noir, de fer oxydulé probablement.

Nous rangerons encore parmi ces éléments de première consolidation quelques cristaux accessoires rapportés à l'apatite. Ces cristaux en sections rectangulaires, sont incolores et renferment

des inclusions nombreuses, noires, très allongées, parallèles au grand côté du rectangle; le plus grand axe d'élasticité est parallèle aux inclusions.

Les éléments feldspathiques de seconde consolidation sont assez difficiles à distinguer de ceux de première, par la seule considération des grandeurs. Il existe, en effet, tous les intermédiaires entre les grands cristaux et les microlites. Mais leurs propriétés physiques permettent de les reconnaître. Leur biréfringence maxima est bien inférieure à celle de l'anorthite. Leurs sections sont presque toujours des rectangles peu allongés; ils sont rarement maclés. L'angle d'extinction rapporté au côté du rectangle varie de 0 à 33°; ce maximum s'observe très fréquemment.

Nous avons montré que ce maximum devait souvent se présenter pour le labrador dans la zone perpendiculaire à g^1 (1). Au microlite feldspathique s'adjoignent fréquemment des grains de pyroxène. Ces éléments et les granules de fer oxydulé disposés en trainées sont englobés dans une pâte grisâtre absolument amorphe, contenant des trainées de substance serpentineuse ou chloriteuse jaunâtre provenant de la décomposition du pyroxène et quelques petites masses concrétionnées d'opale colorée par des produits ferrugineux.

Il est à remarquer que dans les parties foncées de la roche, la pâte amorphe forme une partie notable de la roche; qu'en outre l'augite y est abondant et les contours cristallographiques des microlites sont très nets. Au contraire, dans les parties grisâtres, la pâte fait presque défaut, l'augite est relativement rare et les microlites feldspathiques qui constituent la masse de la roche, n'ont que des contours très indéterminés.

Comme produit dû aux actions secondaires, nous citerons l'épidote observé dans de véritables nids de granules de fer oxydulé, accompagné de produits chloriteux.

Nous avons analysé la dernière variété de la roche et avons

(1) Wallerant, *Bul. Soc. Min.*

obtenu le résultat suivant en supposant tout le fer à l'état de protoxyde :

SiO ²	53,93
Al ² O ³	19,27
CaO.....	9,59
FeO.....	6,83
MgO.....	3,02
KO.....	3,98
NaO.....	4,37
	100,01

Cette composition rapproche beaucoup cette roche des labradorites des Vosges. Elle ne s'en distingue que par une plus grande quantité de chaux. A cette différence correspond d'ailleurs une différence dans la composition minéralogique. Le feldspath de première consolidation de la roche des Vosges est le labrador; dans la roche de Biot ce feldspath est l'anorthite, qui s'y trouve en assez grande quantité pour que l'excès de chaux entrant dans sa composition se fasse sentir dans l'analyse totale.

III

BASALTES

Les roches éruptives les plus récentes de la région des Maures et de l'Estérel sont les basaltes qui n'entrent d'ailleurs que pour une part très minime dans la constitution du sol. Ces roches forment quatre nappes ou coulées dans les Maures. Aux portes de Saint-Tropez, une nappe peu importante couronne la butte sur laquelle a été construite la chapelle Sainte-Anne et se prolonge sous forme de coulée jusqu'à la chapelle Saint-Joseph. Le village de Cogolin est adossé à un mamelon principalement constitué par cette roche, qui forme une nappe beaucoup plus importante aux environs de la Molle. Le basalte se faisant jour au milieu du granite, occupe le sommet de la colline de la Magdeleine. Le basalte ne traversant dans les Maures que des roches anciennes, nous nous trouvons dans l'impossibilité de déterminer leur âge d'éruption ; aussi nous sommes-nous décidé à faire rentrer dans notre travail l'étude des autres nappes basaltiques que l'on rencontre dans la Provence. Grâce à cette extension, l'étude des roches éruptives du sud de la Provence, sera présentée d'une façon complète ; de plus, le basalte de Beaulieu s'étant épanché au milieu d'un lac miocène dont le dépôt occupe une place nettement déterminée dans la série stratigraphique, il n'existe aucun doute sur son époque d'éruption. Il en est, par suite, de même pour les basaltes des Maures qui sont en relation avec celui de Beaulieu par l'intermédiaire des nappes de Toulon et de Rougiers.

Aux environs de Toulon, le basalte se rencontre en trois points alignés sur une direction sensiblement nord sud. La

pointe du cap Nègre qui limite à droite la baie de Saint-Nazaire, est formée par une coulée de basalte injectée au milieu des phyllades archéennes. Une nappe de la même roche couronne le pic sur lequel sont construits le hameau et le château d'Évenos. Enfin au nord d'Évenos, une crête de quatre kilomètres de long, dirigée du sud au nord, est occupée par le basalte (1). Sur la même ligne nord sud, mais à vingt six kilomètres à l'intérieur des terres se trouvent les nappes de Rougiers et de Tourves, à quelques kilomètres au nord-est du Plan-d'Aups. Enfin au nord-ouest d'Aix en Provence, se trouve la nappe de Beaulieu, la plus importante de toutes et par son étendue et par les renseignements que fournit son étude.

La ligne brisée qui réunit les différentes nappes de basalte en allant de l'est à l'ouest a donc la forme d'un Z. Autrement dit, à part les nappes de Saint-Nazaire, d'Évenos et de Rougiers, disposées d'une façon assez frappante en ligne droite, il ne ressort pas de la disposition des gisements de la roche d'alignement marqué. Cela se comprend facilement : les alignements sont le plus souvent en rapport avec le relief du sol. Quand ce relief est dû à un seul soulèvement, les fentes qui en sont la conséquence, offrent naturellement une tendance à l'alignement. Or, dans le sud de la Provence, les soulèvements se sont produits à des époques très différentes, et les Maures et l'Estérel étaient soulevés et consolidés depuis longtemps, lors de l'éruption des basaltes. Il ne saurait donc y avoir de relation entre les fentes affectant ces dernières montagnes et celles affectant les collines tertiaires des environs d'Aix.

Aperçu historique.

Parmi les anciens géologues, de Saussure est le premier qui ait fait sur ces basaltes des observations dignes d'être rapportées. Revenant d'Italie il visita Évenos et Beaulieu. En ce qui concerne

(1) Voir les cartes des environs du Beausset par MM. A. Toucas et M. Bertrand.

les roches d'Évenos, de Saussure arrive à une conclusion singulière : d'après lui, elles n'auraient jamais subi l'action du feu et se seraient déposées au fond des mers. La couleur gris rouille de la roche et l'absence de division en prismes réguliers établissent pour lui une différence capitale entre ces roches et le véritable basalte. A Beaulieu, au contraire, de Saussure, contrairement à ses prédécesseurs, reconnaît la présence des basaltes. Il est vrai qu'il distingue les parties compactes ou basaltes, et les parties poreuses ou laves, et qu'il attribue à chacune de ces roches, un foyer d'éruption distinct. Mais le fait capital reconnu par de Saussure, réside dans les conditions d'éruption de la roche. Il établit nettement, comme nous le verrons plus tard, que l'éruption s'est produite au milieu d'un lac. Dans ce lac se déposait une roche, qu'il nomme silicicalce, et formée mi-partie de calcaire, mi-partie de silice hydratée. Ce fait une fois établi, l'époque d'éruption se trouvait déterminée par l'époque du dépôt des assises sédimentaires. De Saussure ne pouvait aller plus loin puisqu'en 1796 la statigraphie n'existait pour ainsi dire pas ; mais il n'en a pas moins posé les bases de cette détermination.

Nous n'avons pas à parler des travaux de de Villeneuve-Flayosc sur les basaltes ; cet auteur ne fait que les citer ; il les considère comme identiques aux porphyrites et dolérites primaires.

Coquand au contraire, s'étend longuement sur ces roches, et à part la description minéralogique et quelques interprétations des faits en accord avec les idées de son époque, il en donne une description très détaillée et très exacte. Il étudie successivement les basaltes de Beaulieu et de Rougiers qui sont en effet les plus intéressants. Après avoir donné de ces roches une description succincte, il reprend les faits constatés précédemment par de Saussure, relativement aux relations de la roche avec les calcaires lacustres. Il montre que la roche éruptive traverse les assises de ce calcaire et que d'autre part, de nombreux blocs de calcaire sont empâtés dans la roche. Les basaltes sont donc contem-

porains de ce calcaire lacustre que Coquand place à la partie supérieure des gypses d'Aix. A propos de la localité de Rougiers, Coquand signale la position remarquable du basalte relativement aux couches triasiques qu'il traverse, et conformément aux idées alors admises, en conclut que le basalte a soulevé le sol; d'après lui, le cratère de Rougiers est un cratère de soulèvement. Parlant ensuite des basaltes de la Molle, il s'exprime ainsi : « Les environs de la Molle et de Cogolin comptent quelques volcans éteints dont les plus curieux sont ceux de Malvieille et de la Magdeleine. On reconnaît jusqu'à sept cônes principaux dans ce système limité, séparés les uns des autres par les micaschistes, mais formant indubitablement dans la profondeur une masse unique. Celui de Bauduffle est sans contredit le plus curieux; sa sommité, légèrement tronquée présente une dépression circulaire cratériforme surmontée dans les trois quarts de sa circonférence par un bourrelet plus solide qui se dresse en forme de parapet. Vers le nord, en face de la Magdeleine, le parapet est interrompu brusquement par une échancrure, seul passage qui conduise dans la dépression, à moins qu'on y parvienne par escalade. C'est un véritable cratère égueulé, qui suivant toute vraisemblance doit sa configuration aux grands courants de laves poreuses dont est composé le plateau que dominant à ses deux extrémités, les cimes de la Bauduffle et de la Magdeleine. »

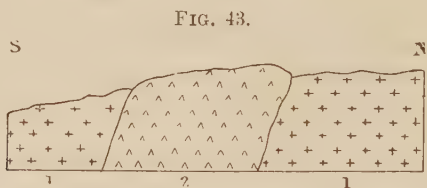
Ces lignes, très exactes quant à la description des faits, nous semblent contenir une erreur d'interprétation. Les parties superficielles du basalte, en se décomposant, ont donné naissance à une terre jaune que l'on cultive et qui rend difficile l'observation des relations du basalte avec les roches primitives. De tous côtés, au milieu de cette terre, s'élèvent de gros blocs de basalte non décomposé. Sur le pourtour du plateau basaltique, là où les parois sont à pic, ces blocs sont alignés sous forme de rempart, constituant un véritable garde-fous. Par suite, aux extrémités arrondies du plateau ces remparts prennent la forme de cratères égueulés ayant leur échancrure dirigée vers le centre

du plateau. Autrement dit, ces formations cratériformes ne sont que le résultat d'une décomposition irrégulière dans le massif basaltique.

Coquand ne parle pas des basaltes de Saint-Tropez, qu'il considérait comme rentrant dans sa grande catégorie de mélaphyres. La présence de géodes calcaires dans ce basalte l'avait amené à cette conclusion, quoiqu'il eût dû être averti de son erreur et par la couleur noir foncé de la roche d'une part et par la présence de géodes identiques dans le basalte de Beaulieu.

Age des basaltes.

Les nappes et coulées de basalte traversent les terrains primitifs, secondaires et tertiaires. Le chemin partant de Saint-Tropez et se dirigeant vers la chapelle Saint-Joseph montre la coupe suivante :



Talus du chemin de la chapelle Saint-Joseph.

1. Granulite blanche — 2. Basalte.

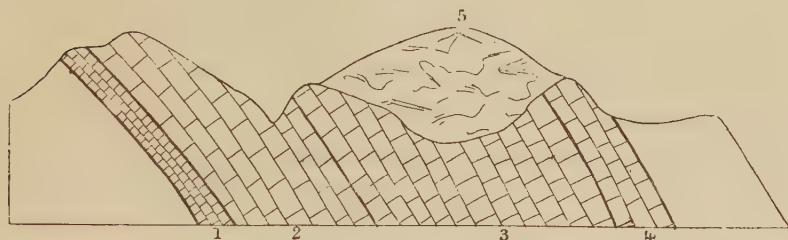
La coulée de basalte, large de huit mètres, s'est fait jour au milieu d'une granulite blanche à grands éléments, identique à celle que l'on trouve sur le bord de la mer à l'ouest de la citadelle.

A Saint-Nazaire, comme l'indique la coupe que nous avons donnée à propos du terrain houiller, la roche a traversé les phyllades verdâtres qui établissent le passage entre les schistes à séricite et les schistes argileux archéens. Cette localité est surtout intéressante en ce qu'on y peut voir la roche éruptive pénétrant la roche encaissante en minces filons.

A Évenos, c'est à travers un calcaire blanc, très compact, que

s'est épanché le basalte. Ce calcaire blanc appartient au néocomien moyen et occupe relativement à la roche éruptive, la position indiquée par la coupe suivante que nous empruntons à M. Toucas (1).

FIG. 44.



Coupe de la colline d'Évenos.

1. Néocomien inférieur — 2 et 3. Néocomien moyen — 4. Néocomien supérieur.

A Bandol et dans les environs immédiats d'Ollioules la roche traverse le jurassique supérieur.

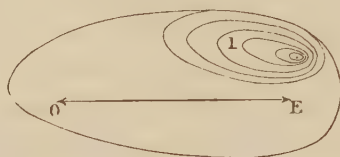
Quant à la longue coulée située au nord d'Évenos, d'après M. Toucas, elle traverse le turonien dont elle sépare l'horizon inférieur de l'horizon supérieur; d'après M. Bertrand elle s'est fait jour au milieu du sénonien.

Mais ces localités sont loin d'offrir au géologue l'intérêt de Rougiers. Quand, partant de Saint-Maximin, on se dirige vers Rougiers, on marche d'abord sur un sol formé d'argiles rouges non stratifiées, dans lesquelles sont épars des blocs plus ou moins volumineux de cargneules. Ces blocs embarrassants pour la culture sont peu à peu rassemblés et servent à élever des murs de pierres sèches séparant les propriétés. Ces argiles et cargneules non stratifiées ont été placées par Dieulafait au niveau du keuper. En se rapprochant de Rougiers, on descend peu à peu, les érosions ayant enlevé le keuper et mis à nu des bancs bien réglés de cargneules représentant le muschelkalk. C'est au

(1) Toucas, *Terrains crétacés des environs du Beausset*; Mémoires de la Société géologique, 2^e série, t. IX,

milieu de cet étage que s'est formée une boutonnière dont le grand axe dirigé de l'est à l'ouest, peut avoir 4 kilomètre de long, et le petit axe 300 mètres.

FIG. 45.



Projection horizontale de la boutonnière de Rougiers.

1. Massif de basalte.

Les assises de muschelkalk, parfaitement horizontales de tous côtés, se redressent sur les bords de la boutonnière de façon à faire un angle d'environ 80° avec l'horizontale. De sorte que, comme le dit Coquand, le massif de basalte prend l'aspect d'une citadelle entourée d'un fossé et de remparts.

FIG. 46.



Coupe du massif de Rougiers.

1. Schistes rouges — 2. Cargneules — 3. Basalte.

Dans la partie sud du rempart, les assises redressées du muschelkalk laissent voir des schistes rouge amarante en tout semblables aux schistes que nous avons rencontrés dans le permien de la ceinture des Maures.

Se basant sur cette similitude, Coquand qui plaçait les derniers schistes dans le grès bigarré, en conclut qu'à Rougiers le grès bigarré, partout caché, est mis à jour par suite du redres-

sement des couches. Mais les schistes rouges de Rougiers appartiennent au plus au muschelkalk inférieur. Ils renferment, en effet, des bancs de cargneules. En outre, à Bagnols, dans l'Estérel, la superposition du trias au permien donne lieu aux observations suivantes : Au-dessus des grès et argiles permien, vient un banc de grès blancs à grains fins de 2 mètres d'épaisseur, représentant le grès bigarré; puis au-dessus reviennent des argiles rouges en tout semblables aux argiles permien qui renferment des cargneules et appartiennent nettement au muschelkalk. Par comparaison nous avons donc toutes raisons de croire à l'existence du muschelkalk inférieur, et non du grès bigarré dans les remparts de Rougiers.

Coquand attribue à l'éruption du basalte l'aspect cratérique de la boutonnière. Les couches sédimentaires opposèrent une résistance à la sortie de la roche, et la violence du phénomène éruptif les a redressées jusqu'à la verticale. Il s'est produit, en un mot, un cratère de soulèvement des mieux caractérisés.

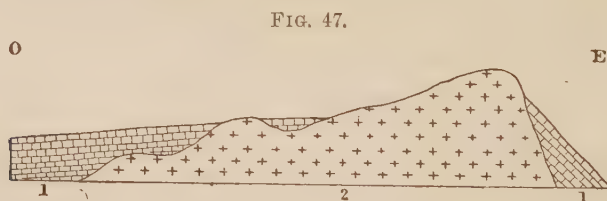
Or la nappe de basalte n'occupe qu'une faible partie de l'espace limité par la boutonnière, et l'épaisseur des assises redressées est trop faible pour pouvoir admettre que ce redressement se soit fait sentir sur les assises internes, celles-ci étant poussées par les parties souterraines du massif basaltique. Il semble donc plus naturel de renverser l'ordre des phénomènes et d'admettre que les dislocations du sol produisant la boutonnière, ont en même temps donné naissance à la cheminée d'épanchement du basalte.

La base du massif n'occupe qu'une partie de la surface de la boutonnière et la roche ne s'appuie contre le rempart que dans la partie nord. Ce massif basaltique a une forme conique présentant son point culminant à l'est. Mais cette dissymétrie provient de différences dans l'intensité des érosions des eaux. A l'est, la roche est compacte, résistante; au contraire, à l'ouest le basalte se transforme en une dolérite à gros éléments et très friable. Cette dolérite est très profondément ravinée par les eaux et les

parties encore debout forment de grands contreforts s'appuyant contre le basalte proprement dit.

Le massif de Beaulieu, situé à trois lieues au nord-ouest d'Aix, est beaucoup plus important que les précédents. La ligne suivant ses contours, donne un ovale dont l'axe dirigé de l'est à l'ouest, peut avoir 3 kilomètres; la superficie est d'environ 6 kilomètres carrés. Ce massif s'élève graduellement de l'ouest à l'est; mais suivant sa ligne est, il s'arrête brusquement et se termine par un talus presque vertical.

Tout porte donc à croire, ou bien que le maximum d'activité dans l'éruption s'est produit à l'est et que les basaltes se sont écoulés vers l'ouest et solidifiés en pente douce, ou bien que l'éruption s'est faite par une fente inclinée de l'ouest vers l'est et non absolument verticale. La surface du plateau est en partie recouverte d'une argile rouge provenant de la décomposition du basalte. Au milieu de cette argile qui est cultivée, se dressent, de ci, de là, des buttes formées de basaltes plus résistants. Certaines de ces buttes, du côté de l'ouest, sont encore recouvertes par des bancs calcaires qui devaient être réunis primitivement aux assises continues qui reposent à l'ouest sur le basalte. Les érosions les en ont séparés. La coupe suivante fera d'ailleurs facilement comprendre la disposition des lieux.



Coupe du massif basaltique de Beaulieu.

1. Calcaire lacustre — 2. Basalte.

Les calcaires que le basalte traverse à l'est et qui reposent à l'ouest sur le basalte sont d'un blanc vif, tantôt marneux, tantôt au contraire chargé d'une très forte proportion de silice,

comme l'a constaté de Saussure. Ce calcaire possède ce faciès particulier qui caractérise les formations lacustres : d'ailleurs les différents fossiles, limnées, planorbes, etc., qu'on y trouve, confirment ce résultat; les géologues qui ont étudié particulièrement la faune de ces calcaires les ont placés dans l'aquitainien.

Or, comme l'avait déjà constaté de Saussure, les basaltes sont contemporains de ces calcaires et se sont même épanchés dans le lac où ils se déposaient. A l'ouest, en effet, les assises calcaires, en contact avec le basalte, sont pétries d'un si grand nombre de fragments de scories, qu'elles constituent une véritable brèche. De Saussure, au sujet de ces brèches, s'exprime de la façon suivante :

« Ce qui me paraît remarquable, ce sont des morceaux mélangés de lave poreuse violette et de pierre calcaire blanche, compacte. On voit là des fragments de lave entièrement enveloppés par la matière calcaire et isolés au milieu d'elle : quelques-uns de ces fragments sont extrêmement anguleux, avec des pointes aiguës et des angles rentrants. Cependant la pierre calcaire les embrasse de toutes parts et remplit toutes leurs cavités intérieures. Il faut donc nécessairement que ces morceaux de lave soient survenus pendant la formation de la pierre calcaire et qu'ils aient été déposés dans un temps où celle-ci était encore assez molle pour se mouler sur les formes, et pourtant assez ferme pour qu'ils y demeurassent suspendus sans gagner le fond. »

Les conclusions de de Saussure basées sur les observations de ces seules brèches sont un peu hardies. La présence de ces morceaux de lave dans le calcaire et la disposition des assises relativement au massif basaltique s'expliqueraient très bien en admettant que le calcaire s'est déposé autour du basalte déjà épanché.

Heureusement une autre observation vient confirmer les résultats de de Saussure. Comme l'indique Coquand, près du château de Cabane, au sud du massif basaltique, le calcaire est séparé du basalte proprement dit par une couche de tufs noirs de dix à quinze mètres de puissance. Au milieu de ces

tufs, on constate la présence de blocs de calcaire lacustre qui ont subi l'action calorifique du basalte. Ces calcaires sont devenus complètement saccharoïdes, excepté toutefois quand ils sont de grandes dimensions, alors la partie centrale est restée intacte. De ce fait il résulte donc que certaines assises du calcaire lacustre étaient déjà déposées lors de l'éruption basaltique. Il ne peut donc rester aucun doute sur l'âge de ce basalte. Il date certainement de l'époque aquitanienne, et tout porte à croire que cette conclusion peut être étendue aux autres nappes basaltiques du sud de la Provence.

Description macroscopique.

La description macroscopique de ces roches peut être rapidement faite, grâce à l'uniformité des caractères qu'elles présentent dans les différents gisements. Les basaltes de la Molle et de Cogolin sont ceux qui s'écartent le plus du type normal noir et compact. A la Molle, la roche est d'un gris clair et très vacuo-laire. Les parties scoriacées, employées faute de mieux, par les ingénieurs pour faire les pierres kilométriques du pays, sont seules franchement noires. Dans la pâte on ne distingue véritablement que des grains de péridot très foncé, souvent transformé en un produit ferrugineux couleur de rouille. Les basaltes des environs de Toulon ne se distinguent pas essentiellement de la roche de la Molle; ils sont intermédiaires entre cette roche et les basaltes de Rougiers et de Beaulieu. Ils sont en effet plus compacts et plus foncés. On ne saurait établir de distinction entre les roches observées à Rougiers et à Beaulieu. Le type normal est noir, compact, à grains très fins; il renferme de nombreux cristaux de grandeur variable de péridot présentant le même mode de décomposition que dans la roche précédente. Assez souvent au milieu de la pâte noire, se détachent des taches blanches qui sont formées de calcite, résultant soit d'infiltration, soit de la décomposition. Ces cristaux de calcite se trouvent en assez grande quantité dans le basalte de Saint-Tropez qui est iden-

tique à celui de Beaulieu. Dans cette dernière localité, ainsi qu'à Rougiers, le basalte se modifie minéralogiquement de façon à passer à la dolérite. Cette dolérite à très gros éléments se décompose facilement. Elle devient alors très friable et il est très difficile de s'en procurer des échantillons intacts. Les cristaux de cette roche sont de très grande taille ; ils peuvent atteindre plusieurs millimètres suivant les plus grandes dimensions. Ils se rapportent à trois espèces : le fer titané en lamelles très minces, à contours arrondis ; le labrador en cristaux, quelquefois allongés, mais le plus souvent trapus, à tranches cannelées par suite de leur structure maclée ; et enfin de grands cristaux irréguliers de pyroxène foncé, à clivage facile, englobant les deux éléments précédents.

Dans les parties situées à l'est du massif de Beaulieu, le basalte devient scoriacé ; en même temps il prend généralement une teinte violette. Le plus souvent ses vacuoles sont remplies de carbonate de chaux qu'une petite quantité de limonite colore en jaune. Cette limonite jaune clair mélangé avec de la limonite rouge est d'ailleurs fréquemment répandue sur les parties superficielles des scories. Dans les tranchées, mettant à nu les parties profondes, on constate que les scories contiennent de si nombreux globules calcaires que ceux-ci forment la majeure partie de la roche.

Description microscopique.

Au point de vue de la composition minéralogique et de la structure, ce basalte présente d'importantes modifications. Mais celles-ci peuvent s'observer dans tous les gisements de la roche. la variété la plus abondante est une roche holocristalline ; la pâte amorphe ne s'y trouve, en effet, qu'en quantité absolument insignifiante (Pl. V, fig. 3). Les éléments de première consolidation sont le périclote, le pyroxène et le fer oxydulé ; les éléments de seconde, sont le pyroxène en granules et le labrador en microlites. Le périclote ne présente que bien rarement des formes cristallines ;

sa décomposition est tantôt ferrugineuse, tantôt serpentineuse; absolument incolore il présente encore assez fréquemment un clivage très net. Il renferme de nombreux octaèdres de fer oxydulé tantôt plongés dans le cristal lui-même, tantôt compris dans une inclusion vitreuse. D'autres inclusions très petites, opaques, probablement aussi de fer oxydulé, sont disposées suivant des surfaces irrégulières; même dans certains cas, elles sont disposées suivant des droites parallèles assez nombreuses pour altérer la limpidité du cristal. Ce minéral renferme enfin des inclusions vitreuses avec bulbes gazeuses. Dans bien des points de la roche, il est en très grande abondance, soit en grands cristaux soit en grains de plus en plus petits. Au contraire, le pyroxène de première consolidation est rare, c'est plutôt un minéral accidentel. Il se présente alors avec tous ses caractères habituels. Il est à remarquer que quoique nos préparations soient nombreuses, nous n'avons jamais constaté la présence d'un cristal de feldspath de première consolidation. Les microlites feldspathiques sont groupés en faisceaux; ceux-ci disposés les uns à la suite des autres forment des traînées contournant les cristaux de périclase. Ces microlites présentent la macle de l'albite et celle du carlsbad; les lamelles hémitropes, très fines et irrégulières, polarisent vivement la lumière. Les angles d'extinction entre deux de ces lamelles dépassent le maximum de 18° , caractéristique du labrador proprement dit; ce maximum est pour eux d'environ 33° . Traités par l'acide chlorhydrique bouillant, les microlites ne sont pas franchement attaqués, et cependant ils n'ont plus la même limpidité. Aussi croyons-nous devoir les rapporter à la bytownite. Enfin, à côté de traînées de ces microlites se trouvent des traînées de granules de pyroxène jaune verdâtre qui, dans certains cas, sont rassemblés en nids.

Tels sont les caractères du type basaltique, qui peut subir les modifications suivantes : A Beaulieu on voit, par exemple, le pyroxène prendre la forme de microlites feldspathiques; ils sont légèrement fibreux suivant leur longueur et certains sont maclés, les lignes de macle étant parallèles à leur plus grande dimension.

Dans les sections présentant la biréfringence maxima, c'est-à-dire parallèles aux axes optiques, l'extinction se fait sous un angle se rapprochant plutôt de 40° que de 38° . Dans cette même roche, nous avons constaté la présence de la picotite et d'une substance en cristaux arrondis, mais présentant des traces de contours polyédriques, incolores et fibreux; les fibres parallèles entre elles sont interrompues par des cassures transversales. Les couleurs de polarisation sont dans les tons bleus très foncés; la polarisation est plutôt une polarisation d'agrégat avec extinction prédominante, parallèlement aux fibres. Cette substance est probablement de la mélilite plus ou moins transformée en zéolites.

La modification s'accroissant, on passe à une roche dans laquelle les microlites feldspathiques font défaut tandis que les microlites pyroxéniques abondent. Ceux-ci sont englobés dans de grandes plages de néphéline; celles-ci sont complètement déchiquetées par la présence des microlites et il est impossible de délimiter leurs contours. Ces plages non maclées présentent des traces de clivages parallèles et très réguliers (Pl. V, fig. 4).

Les grands cristaux de feldspath et de pyroxène, si rares dans les variétés précédentes, joints au fer oxydulé et au fer titané, constituent la variété doléritique (Pl. V, fig. 5). Le feldspath est en grands cristaux qui ne peuvent plus être comparés aux microlites. Généralement raccourcis, ils sont formés de lamelles hémitropes le plus souvent très larges. Ils résistent complètement à l'acide chlorhydrique et nous avons trouvé pour leur biréfringence $n_g - n_p$ la valeur de $\frac{1}{103}$. Ils appartiennent donc à l'espèce labrador. Ils sont englobés par de grandes plages de pyroxène verdâtre à clivages très nets, mais n'offrant pas trace de passage au diallage. Ces éléments renferment et le fer oxydulé et le fer titané. Celui-ci qui domine est en lamelles très aplaties pouvant avoir deux millimètres de diamètre; il se présentent également en trémies. Il est vraiment remarquable que le périclote si abondant dans les autres variétés de la roche fasse ici complètement défaut.

La pâte amorphe qui ne s'observe qu'en très faible quantité dans les roches précédentes, est au contraire très abondante dans les parties périssphériques du massif basaltique et en particulier dans les basaltes renfermant des globules calcaires. Cette pâte légèrement verdâtre est parsemée d'une infinité de granules de fer oxydulé; elle renferme de petits microlites feldspathiques généralement non maclés, mais qui d'après leur angle d'extinction doivent également être rapportés à la bytownite; ces microlites ne se gênant plus les uns les autres, présentent une orientation beaucoup plus marquée que dans les parties de la roche où la pâte fait défaut. Enfin le périclase et le pyroxène abondent, mais en petits cristaux complètement brisés (Pl. V, fig. 6).

Quant aux globules calcaires, ils se décomposent au microscope en globules plus petits placés côte à côte. Chacun de ceux-ci résulte généralement de la réunion de plusieurs cristaux différemment orientés ayant la forme de secteurs. En outre, ces petits globules composants présentent des zones concentriques dues au mode de répartition d'inclusions transparentes, polarisant la lumière et ne s'éteignant pas en même temps que le cristal englobant.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL

RÉSUMÉ GÉNÉRAL & CONCLUSIONS

Il nous est assez difficile de résumer les faits et résultats exposés dans notre travail. Chaque roche a une histoire qui lui est particulière, et les conclusions à tirer de son étude sont indépendantes des conclusions fournies par l'examen des autres roches. Il est bien vrai que les phénomènes géologiques qui ont présidé à la formation du sol de la région des Maures et de l'Estérel se sont produits principalement pendant l'époque permienne et l'époque que l'on pourrait appeler cristallophyllienne, mais aucun lien ne réunit ces phénomènes, et du moins, en apparence, l'éruption porphyrique par exemple, est tout à fait indépendante de l'éruption des porphyrites et des dolérites.

Pour nous résumer, nous sommes donc obligés de reprendre un à un nos différents chapitres.

Les roches cristallophylliennes, qui prennent une si grande part à la constitution du sol, tant dans les Maures que dans le massif de Tanneron et dans l'Estérel, se répartissent dans quatre étages.

L'étage inférieur formé de gneiss granitoïdes est le moins riche des quatre en silice. Dans le second étage, la teneur en silice, qui est de 72 % dans les roches inférieures, augmente jusqu'à 80 %.

On y trouve des gneiss et micaschistes; les gneiss sont caractérisés par leur haute teneur en silice et par ce fait que le mica est généralement disposé suivant des surfaces parallèles séparées par des bandes presque exclusivement formées de quartz et de feldspath. Dans le troisième étage, la teneur en silice se

maintient sensiblement à 75 %; elle ne diminue que rarement pour tomber à 70 %, dans des gneiss gris. Ce second étage est surtout formé de micaschistes contenant des minéraux très variés et des banes de gneiss où le mica blanc est abondant. A sa partie supérieure se trouvent des amphibolites avec lentilles calcaires.

Le quatrième étage est formé de phyllades contenant de 60 à 65 % de silice; à la base l'état cristallin s'observe concurremment avec l'état amorphe; puis celui-ci prédomine de plus en plus, et les phyllades passent ainsi à des schistes noirs exclusivement formés d'éléments détritiques.

Ces résultats méritent d'être rapprochés de ceux obtenus pour les autres régions. Le premier étage, celui de gneiss granitoïde, est bien identique à celui de M. Michel Lévy (1). S'il ne présente ici qu'une faible épaisseur, cela tient au faible redressement des couches. Les trois autres étages réunis correspondent au second étage de M. Michel Lévy. Peu à peu, les alcalis, en quantité prédominante à la base, sont remplacés par la chaux, le fer et la magnésie qui disparaissent à leur tour. Mais cette substitution n'est pas accompagnée d'une diminution dans la teneur en silice. Celle-ci, après avoir saturé les bases, s'isole en lentilles qui prennent les proportions d'amas considérables, lorsque l'alumine reste seule pour s'unir à l'acide silicique.

Aux assises cristallophylliennes, nous avons rattaché les granites et granulites, nettement antérieurs au terrain houiller. Nous avons passé rapidement sur la description de ces roches qui se rapportent aux types souvent décrits des granites porphyroïdes, des granulites blanches et des granulites roses.

Ces roches constituent un premier groupe dont la période de formation est probablement séparée de la période suivante par la durée des époques silurienne, dévonienne et carbonifère. Dès le houiller supérieur, commencent à se former de nouveaux dépôts sur lesquels reposent les assises permienues. C'est l'ère

(1) Michel Lévy, *Réunion extraordinaire de la Société géologique dans le Morvan*, 1879.

du maximum d'activité pour les phénomènes éruptifs ; successivement se font jour à travers le houiller et le permien les porphyres de Plan-de-la-Tour, les porphyres rouges, les porphyres tabulaires, les pyromérides, les porphyrites et les dolérites.

En nous appuyant sur des considérations paléontologiques, nous avons montré que le terrain houiller du bassin du Reyran était synchronique de la zone inférieure de Saint-Étienne, tandis que les assises de Saint-Nazaire et de Plan-de-la-Tour, devaient être placées au niveau le plus élevé du houiller supérieur, au contact du permien. Celui-ci formé à sa base de grès en tout semblable au grès houiller, est surtout représenté par des grès et schistes rouge amarante dans lesquels on peut distinguer trois horizons.

L'horizon inférieur formé à la base de conglomérat sans débris porphyriques, et à la partie supérieure de grès contenant des galets de porphyre, est surmonté par une couche de schistes formant le second horizon. A l'est de Saint-Raphaël et dans la région de Toulon, à l'ouest, ces schistes prennent un grand développement et la partie supérieure est probablement synchronique des grès inférieurs de l'horizon supérieur tel qu'il est dans les environs de Fréjus. Ce dernier horizon est représenté principalement par des grès formés de débris porphyriques.

Les porphyres rouges se rapportent au type des porphyres pétrosiliceux s'éloignant le plus des microgranulites ; tels sont par exemple les porphyres tabulaires en coulées interstratifiées au milieu des assises permienes. Ils ont commencé à faire éruption après le dépôt du conglomérat de la base du permien et se sont fait jour jusque pendant le dépôt du permien supérieur.

Les pyromérides qui, en certains points sont adossées aux porphyres rouges sans qu'il y ait la moindre adhérence entre les deux roches, sont sorties vers la fin du dépôt de l'horizon supérieur du permien. Cette roche se rapporte à quatre types pétrographiques ; les unes formées de grains de quartz franchement individualisés, mais renfermant de nombreuses inclusions feldspathiques, sont des microgranulites renfermant des globules

à structure concentrique. Cette structure provient simplement de ce que les inclusions sont disposées en couches concentriques, et nous avons pu expliquer cette structure par le mouvement des globules les amenant tour à tour dans un milieu plus ou moins riche en silice.

Les autres se rangent parmi les porphyres à quartz globulaire; il n'y a plus, en effet, séparation aussi complète de la silice et de la substance feldspathique et leur mélange constitue des auréoles autour des grains de quartz. En certains points la roche passe au pechstein et renferme des globules à structure rayonnée. Ces pechsteins sont reliés aux pyromérides par des roches présentant la structure pétrosiliceuse. Nous trouvons donc dans cette pyroméride quatre types différents passant insensiblement de l'un à l'autre. Le type vitreux, le type pétrosiliceux, et le type microgranulitique relié au précédent par le type des porphyres à quartz globulaire.

Les roches vertes, dont les éruptions se sont produites pendant le dépôt des assises supérieures du permien et qui peut-être même se sont prolongées après ce dépôt, passent par degré insensible de la porphyrite andésitique à pyroxène à la dolérite labradorite à olivine et à la diabase labradorique à olivine.

Le point le plus important peut-être de leur histoire consiste dans l'existence de dolérite, c'est-à-dire de roches à structure ophitique contemporaines des terrains primaires.

Dans un troisième groupe, nous avons réuni les porphyres bleus, les labradorites et les basaltes.

Les premières de ces roches traversent le permien. Très acides à l'ouest du massif, elles deviennent de plus en plus basiques quand on se dirige vers l'est, comme l'indique la disparition presque complète des grains de quartz et l'augmentation des cristaux d'amphibole. Cette roche renferme au milieu d'une pâte pétrosiliceuse des cristaux de feldspath; ceux-ci de grande taille dans la partie ouest ont pu être analysés et se rapportent d'après leur composition au type andésine. Dans la partie est, leur taille a beaucoup diminué; ils ressemblent aux

cristaux de labrador par l'irrégularité de leurs lamelles hémitropes, mais se rapprochent de l'anorthite par la largeur de ces mêmes lamelles; cependant l'acide chlorhydrique bouillant ne les attaque pas.

A la fin de l'éocène, ont fait éruption dans les environs d'Antibes des labradorites augitiques à pyroxène formant surtout des conglomérats vaguement stratifiés. Cette roche formée essentiellement de cristaux d'anorthite plongés dans une substance amorphe renfermant des microlites de labrador pourrait bien n'être qu'une variété basique d'une roche dont le porphyre bleu serait le type acide. Celui-ci, en effet, dans les parties est du massif renferme 59 % de silice; et les labradorites dans les points où la teneur en silice est maxima en contient 57 %.

Enfin la dernière éruption fut celle des basaltes qui apparurent à l'époque aquitanienne. Cette roche qui se rapporte au type des basaltes à bytownite ne renferme guère que le périclase et le fer oxydulé comme éléments de première consolidation, le pyroxène et le feldspath sont cristallisés dans le second stade. Le basalte passe à la dolérite; mais celle-ci diffère complètement de la dolérite permienne. Le périclase y fait défaut et les cristaux de feldspath trapus n'ont plus aucun caractère commun avec les microlites.

Nous avons enfin étudié les mouvements qui ont affecté la région et nous avons pu distinguer deux soulèvements successifs qui se sont produits dans des directions à peu près rectangulaires. Une première poussée s'exerçant de l'est vers l'ouest a déterminé la formation d'un pli anticlinal dont l'axe suivant une direction nord sud passait par Bagnols. Le versant abrupt se trouvait à l'est de l'axe et les assises de ce versant participaient à la formation d'un pli synclinal occupé aujourd'hui par la vallée du Reyran. Ce premier mouvement paraît s'être produit après l'archéen, puisque les phyllades nettement sédimentaires y ont participé.

Le second mouvement est dû à une poussée s'exerçant du sud vers le nord et accompagnée d'une réaction provenant de

la résistance des dépôts ou autres formations situées au nord de l'Estérel.

Dans les parties sud et occidentales des Maures, cette poussée a changé la direction d'inclinaison des couches, changement qui a été accompagné de torsions et de failles dont les principales sont suivies par les vallées de la Molle et du Collobrier. Dans la partie orientale, cette poussée déviée par la résistance du massif de granite a produit des failles dont la direction est nord sud; elle a déterminé en outre un pli qui, probablement est continu et s'étend à travers toute la chaîne à l'ouest du massif de granite. Mais nous n'avons pu en constater l'existence qu'aux points où ce pli était accompagné d'un renversement dans les couches, c'est-à-dire dans la rade de Cavalaire et aux Cauvins.

Dans la région de l'Estérel, cette poussée a d'abord déterminé l'affaissement du détroit permien séparant les Maures du massif de Tauneron; puis par la formation d'un pli anticlinal, elle amena le soulèvement de l'Estérel. Cette poussée qui a dû se faire sentir avant l'époque permienne paraît avoir produit son effet maximum à la fin du permien inférieur. De cette époque, en effet, datent les failles des Maures et le premier soulèvement de l'Estérel; phénomènes indiquant une rupture d'équilibre. Elle a d'ailleurs continué à s'exercer jusque pendant le dépôt de muschelkalck, puisque cet étage se trouve au sommet de l'Estérel.

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 13 mars 1889.

Le Doyen,

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

E. HÉBERT.

Paris, le 13 mars 1889.

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

GRÉARD.

EXPLICATION DES PLANCHES

Les nicols sont à 90° et le grossissement est de 80 diamètres, à l'exception du grossissement de la fig. 4 de la pl. II et de la fig. 5 de la pl. IV, qui est de 150 diamètres.

PLANCHE I

FIG. 1. — *Gneiss granitoïde*.

Quartz; oligoclase; mica; amphibole.

FIG. 2. — *Gneiss protoginique*.

Quartz en nids; orthose; ripidolite.

FIG. 3. — *Gneiss rouge*.

Quartz; microcline; mica blanc.

FIG. 4. — *Micaschiste blanc* du 2^e étage.

Quartz en grains et en cristaux lenticulaires; mica blanc en trainées.

FIG. 5. — *Micaschiste* formant passage entre le micaschiste précédent et le micaschiste du 3^e étage.

Quartz en grains; mica blanc; mica noir.

FIG. 6. — *Amphibolite*.

Amphibole hornblende.

PLANCHE II

FIG. 1. — *Micaschiste* du 3^e étage.

Quartz; mica blanc; grenat avec inclusions de quartz.

FIG. 2. — *Gneiss gris*.

Quartz en grains et micropegmatoïde; microcline; mica noir.

FIG. 3. — *Micaschiste*.

Quartz en grains; mica blanc; staurotide; chlorite.

FIG. 4. — *Minéral* résultant de la décomposition de la staurotide. Il présente un système de clivage et des fibres perpendiculaires à ces clivages.

FIG. 5. — *Schiste à séricite*.

Quartz en lentille; quartz en petits cristaux enchevêtrés avec de la séricite.

FIG. 6. — *Phyllade*.

Substance amorphe opaque; quartz en grains sans contours délimités; séricite en petits cristaux.

PLANCHE III

FIG. 1. — *Phyllade*.

Quartz en grains; mica blanc; chloritoïde; séricite; substance amorphe.

FIG. 2. — *Microgranulite*.

I. Mica noir; orthose.

II. Magma microgranulitique de quartz et d'orthose.

FIG. 3. — *Porphyre pétrosiliceux houiller*.

I. Quartz; oligoclase; mica noir.

II. Magma pétrosiliceux.

FIG. 4. — *Porphyre rouge pétrosiliceux*.

I. Quartz; orthose sanadine.

II. Magma pétrosiliceux à texture fluidale.

FIG. 5. — *Pyroméride*.

I. Quartz avec auréole plus ou moins complète.

II. Plages de quartz incomplètement individualisées et se fondant sur leurs pourtours en un magma.

FIG. 6. — *Globule à structure concentrique*.

I. Globule formé de cristaux de quartz orientés d'une façon quelconque et inclusions en couches concentriques.

II. Comme dans la roche précédente.

PLANCHE IV

FIG. 1. — *Globule de pyroméride.*

Zone extérieure d'un globule à structure concentrique et radiée.

Cette zone est formée de cristaux de quartz orientés d'une façon quelconque et renfermant des inclusions disposées en coups de balai.

FIG. 2. — *Porphyrite de la Garde.*

I. Labrador en petits cristaux rectangulaires.

II. Microlites d'oligoclase en trainées plongés dans une substance nuageuse amorphe.

FIG. 3. — *Porphyrite de la Colle-de-Grane.*

II. Microlites de labrador; grains de pyroxène en grande partie décomposés; substance amorphe en faible quantité.

FIG. 4. — *Dolérite des Adrets.*

I. Péridot décomposé en serpentine; fer oxydulé; labrador en cristaux allongés.

II. Pyroxène en grandes plages englobant les précédents; labrador.

FIG. 5. — *Dolérite de Cure-Biasse* (Pujet de Fréjus).

Même roche que la précédente montrant des microlites de labrador disposés en faisceaux.

FIG. 6. — *Porphyre bleu de Saint-Raphaël.*

I. Quartz; andésine; amphibole décomposé en chlorite.

II. Magma pétrosiliceux.

PLANCHE V

FIG. 1. — *Labradorite d'Antibes.*

I. Anorthite; labrador; pyroxène augite passant au diallage.

II. Microlites de labrador à contours nets plongés dans une substance amorphe abondante.

FIG. 2. — *Labradorite d'Antibes.*

I. Anorthite; labrador.

II. Microlites de labrador nombreux à contours peu nets dans pâte amorphe peu abondante.

FIG. 3. — *Basalte de la Molle.*

I. Péridot; fer oxydulé.

II. Microlites de labrador; fer oxydulé.

FIG. 4. — *Basalte de Rougiers.*

I. Péridot; fer oxydulé.

II. Microlites de pyroxène plongés dans des plages de néphéline.

FIG. 5. — *Dolérite de Beaulieu.*

I. Fer titané; grands cristaux de labrador.

II. Plages de pyroxène englobant les précédents.

FIG. 6. — *Basalte de Beaulieu.*

I. Cristaux de péridot nombreux et brisés.

II. Microlites de labrador très petits plongés dans une substance amorphe abondante.

TABLE

	Pages
DESCRIPTION GÉOGRAPHIQUE ET OROGRAPHIQUE.....	1
Délimitation de la région	1
Disposition des chaines de collines	2
Division de la région.....	2
Inclinaison des couches.....	3
Description géographique des Maures.....	3
Description de l'Estérel.....	7
Description du massif de Tanneron.....	9
Groupement des formations géologiques.....	9
BIBLIOGRAPHIE	11
HISTORIQUE.....	13
ROCHES DE LA SÉRIE CRISTALLOPHYLLIENNE.....	25
Division.....	27
Gneiss granitoïde.....	30
Gneiss leptynitique; amphibolites.....	33
Micaschistes à minéraux.....	44
Phyllades.....	54
Résumé.....	56
SERPENTINES.....	60
GRANITE	67
GRANULITES	70
TERRAIN HOULLER.....	76
Aperçu historique.....	76
Dépôt de la vallée du Reyran	78
Bassin de Plan-de-la-Tour.....	85
Bassin de Saint-Nazaire	87
TERRAIN PERMIEN.....	89
Horizon inférieur.....	90
Horizon moyen.....	91
Horizon supérieur.....	92
PORPHYRE DE PLAN-DE-LA-TOUR.....	97
PORPHYRES ROUGES	99
Aperçu historique.....	99
Age des porphyres.....	100
Division prismatique	104

Description macroscopique.....	105
Description microscopique.....	106
PORPHYRES TABULAIRES.....	109
PYROMÉRIDES.....	111
Aperçu historique.....	111
Age des pyromérides.....	112
Description macroscopique.....	116
Description microscopique :	
Porphyres à quartz globulaire.....	118
Microgranulite.....	119
Pechstein.....	122
PORPHYRITES ET DOLÉRITES.....	130
Aperçu historique.....	131
Age des porphyrites et dolérites.....	133
Description macroscopique :	
Porphyrites.....	138
Dolérites.....	140
Description microscopique :	
Porphyrites.....	141
Dolérites.....	145
Passage des dolérites aux porphyrites.....	148
SOULÈVEMENT DES MAURES ET DE L'ESTÉREL.....	151
PORPHYRE BLEU DE SAINT-RAPHAËL.....	166
Aperçu historique.....	166
Relation du porphyre avec le permien.....	167
Description macroscopique.....	170
Description microscopique.....	174
LABRADORITES.....	179
Aperçu historique.....	179
Age des labradorites.....	181
Description macroscopique.....	181
Description microscopique.....	182
BASALTES.....	186
Aperçu historique.....	187
Age des basaltes.....	190
Description macroscopique.....	196
Description microscopique.....	197
RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.....	203
EXPLICATION DES PLANCHES.....	209

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

ZOOLOGIE. — Les Cœlentérés.

BOTANIQUE. — Les Ascomycètes.

Vu et approuvé, Paris, le 13 mars 1889.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

HÉBERT.

Vu et permis d'imprimer, le 13 mars 1889.

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

GRÉARD.

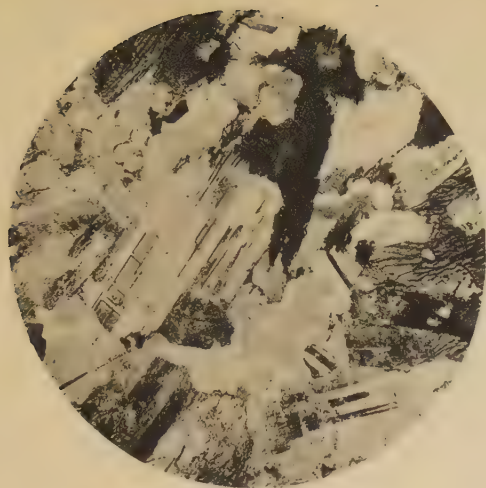


Fig. 1.

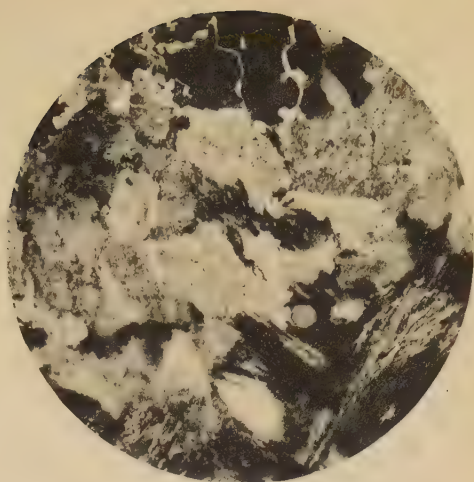


Fig. 2.

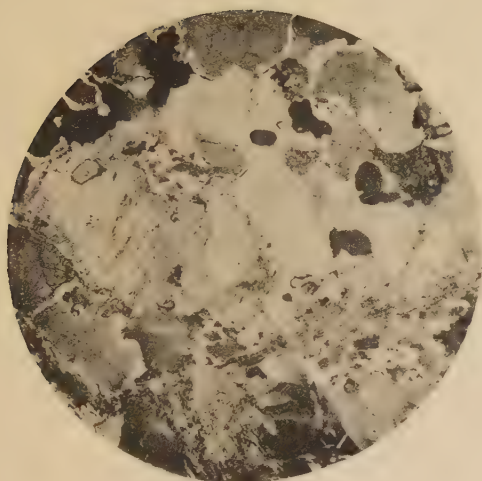


Fig. 3.

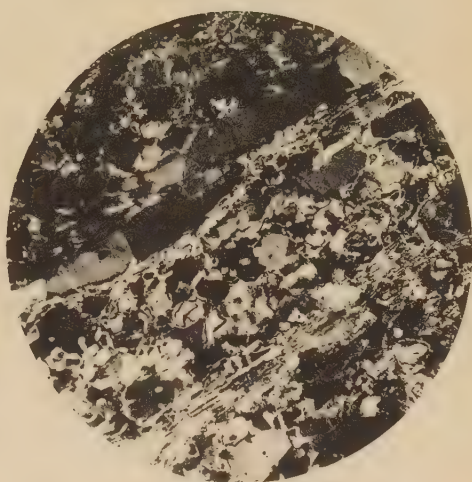


Fig. 4.



Fig. 5.

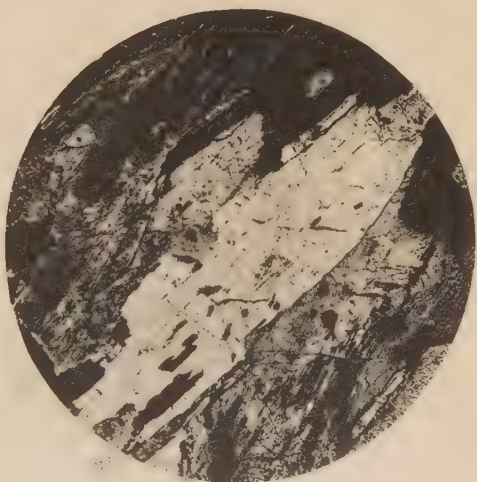


Fig. 6.

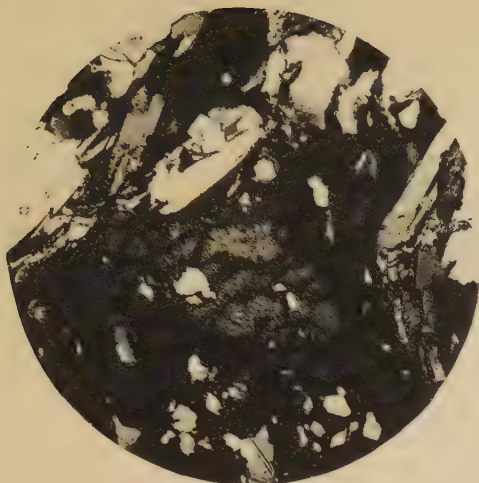


Fig. 1.

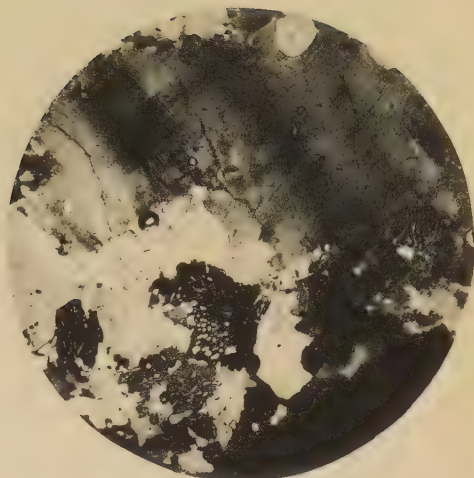


Fig. 2.

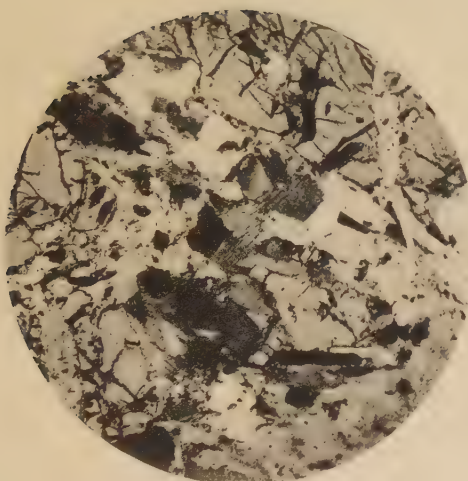


Fig. 3.

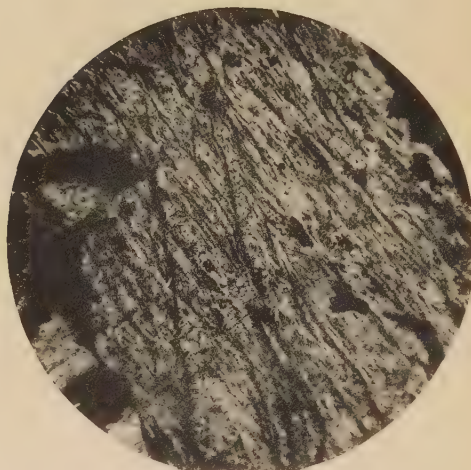


Fig. 4.

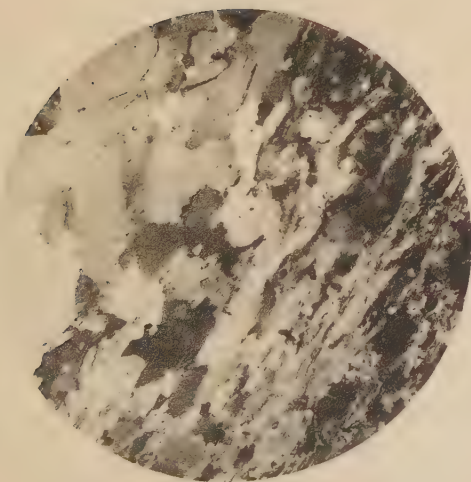


Fig. 5.

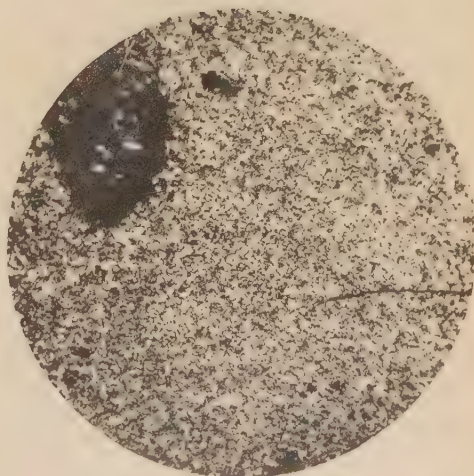


Fig. 6.

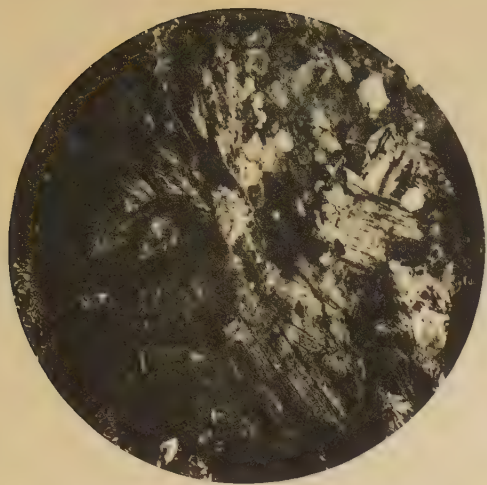


Fig. 1.

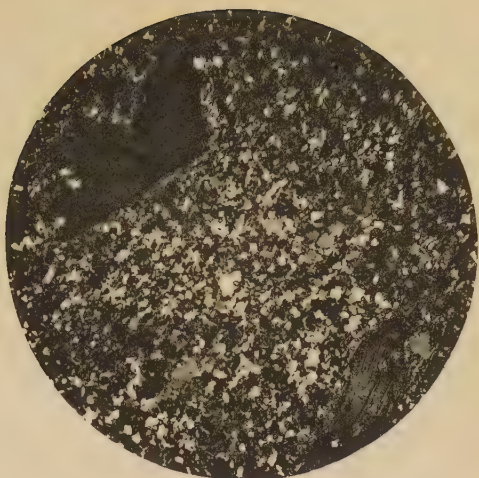


Fig. 2.

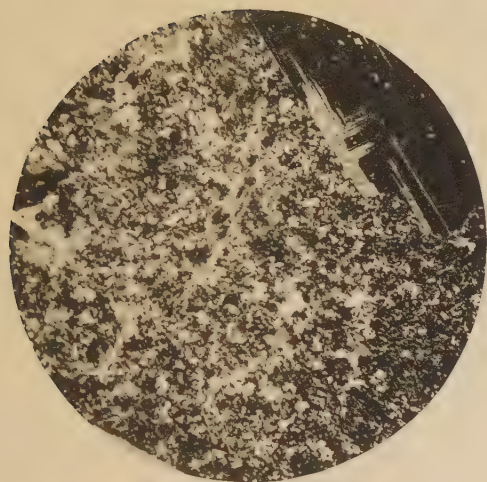


Fig. 3.



Fig. 4.

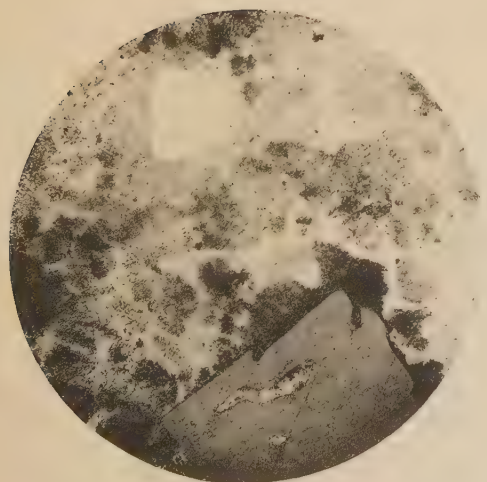


Fig. 5.

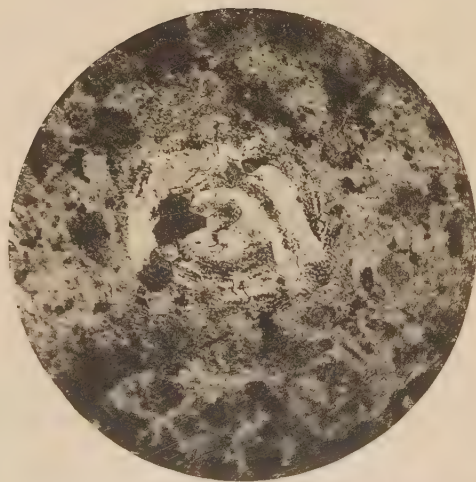


Fig. 6.

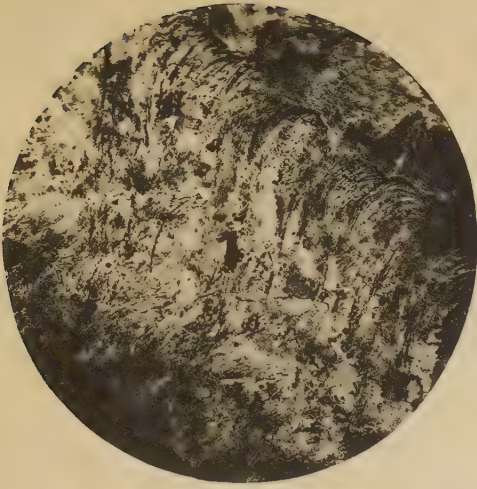


Fig. 1.

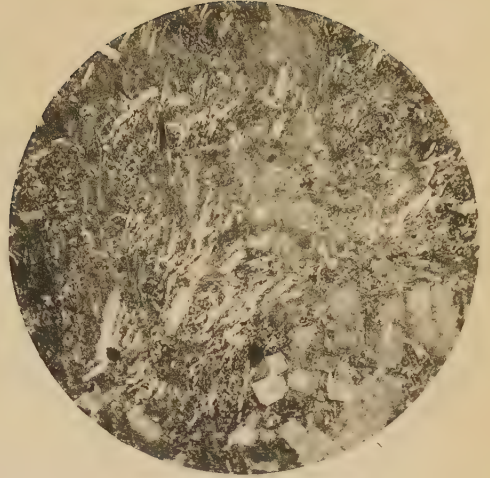


Fig. 2.

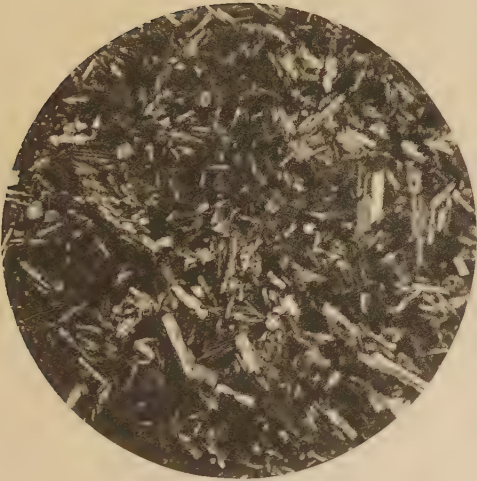


Fig. 3.



Fig. 4.

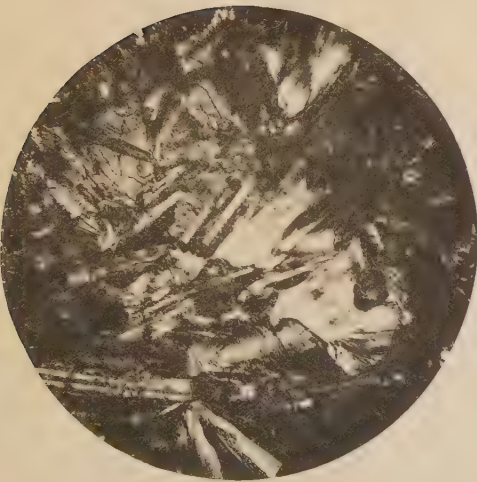


Fig. 5.

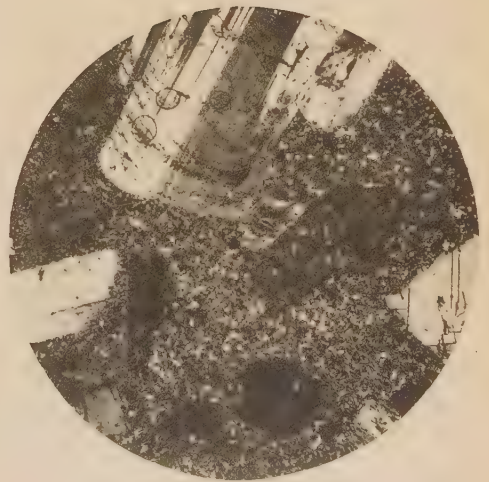


Fig. 6.

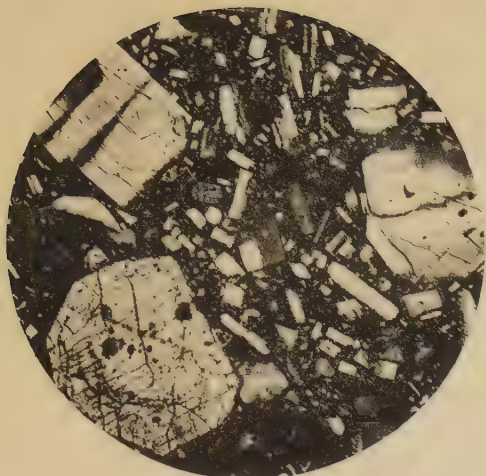


Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.

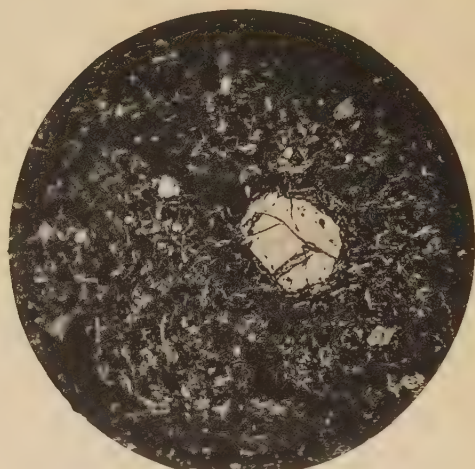


Fig. 4.

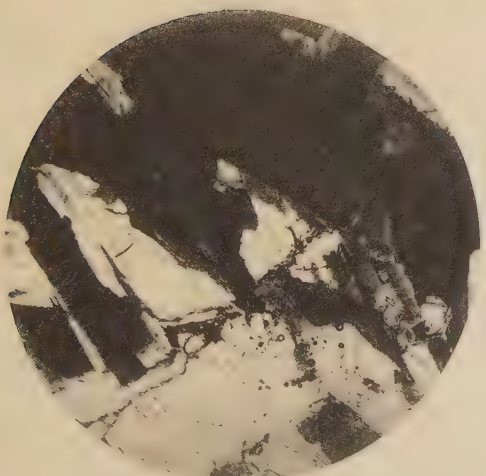


Fig. 5.

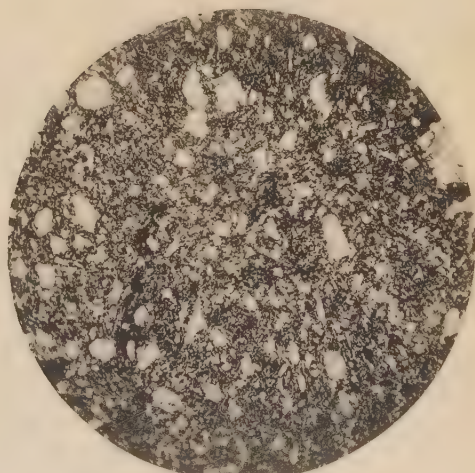
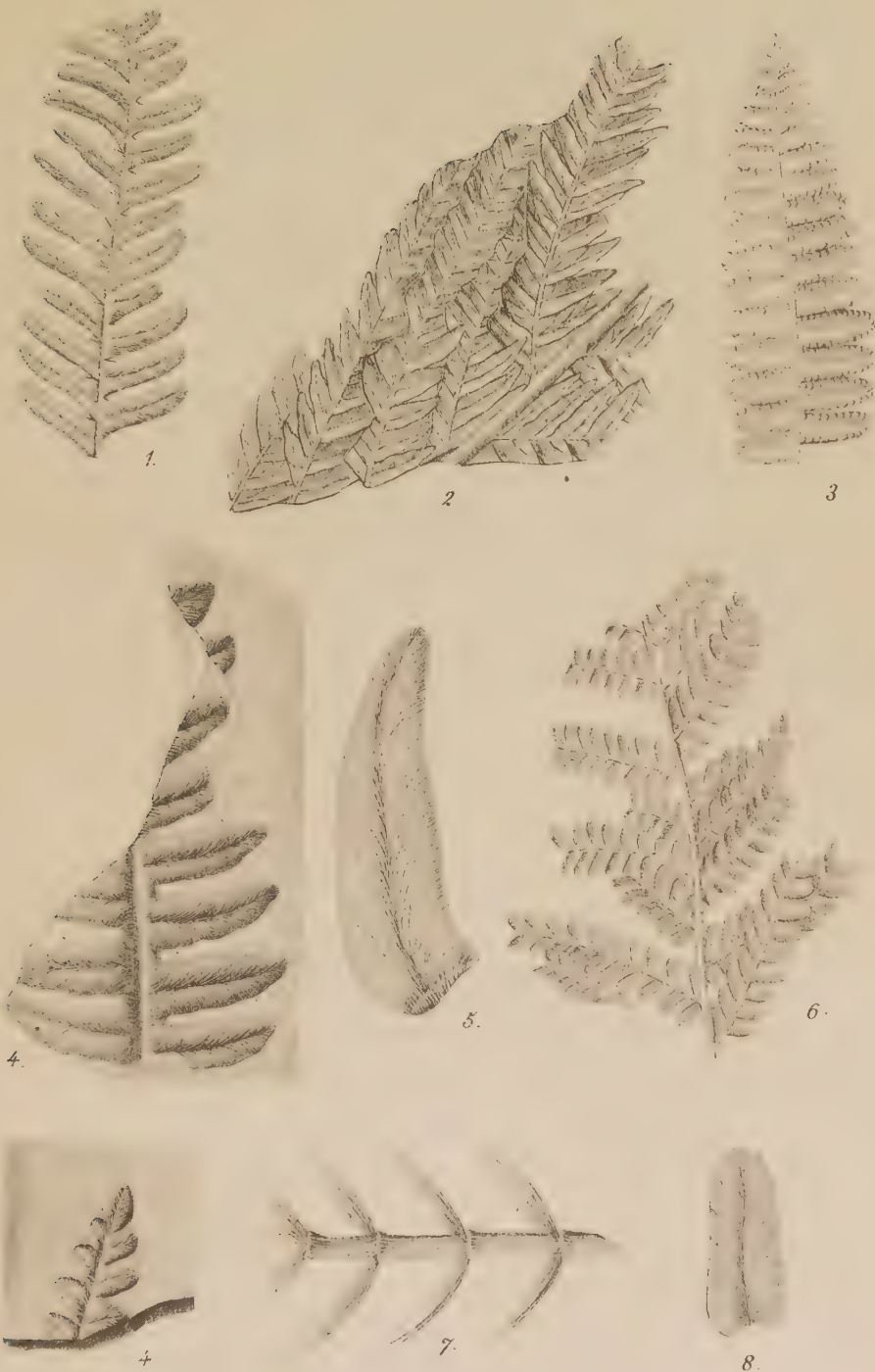
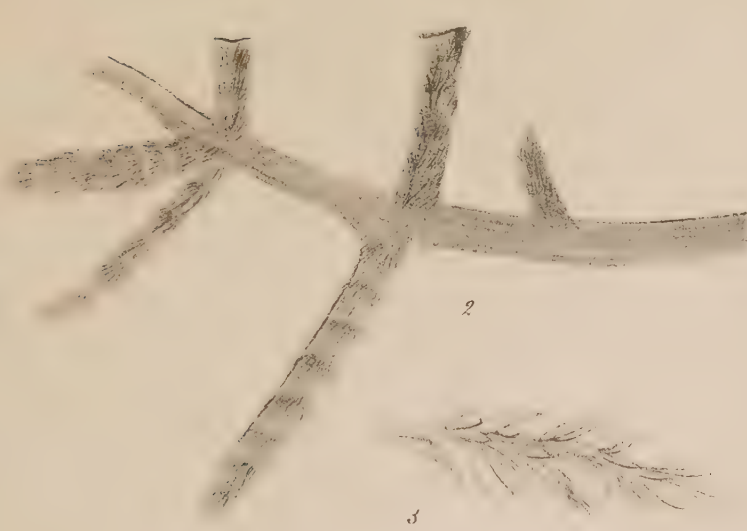


Fig. 6.



Helioglyp. H. Quinson & G. Desguis.

1. *Pecopteris Candolleana* — 2. *Pecopteris dentata*
 3. *Pecopteris Cyathea (fructific)* — 4. *Callipteridium avatum*
 5. *Dietyopteris Brongnarti* — 6. *Pecopteris orcopteridia*
 7. *Asterophyllites equisetiformis* — 8. *Neuropteris Planchardi*

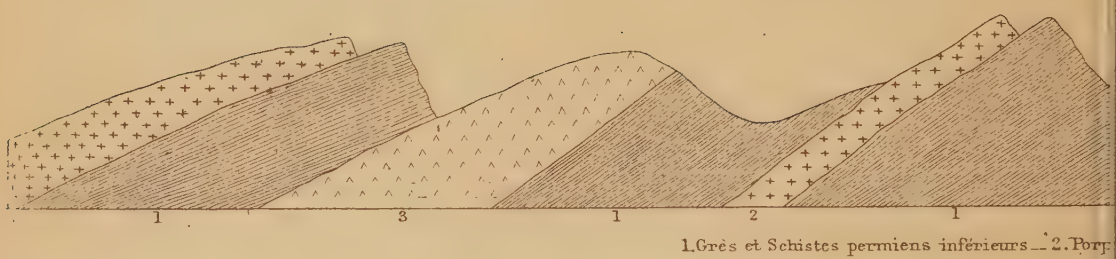


Holotypus H. Quenstedt & G. Dequelet

1. *Asterophyllites longifolius* — 2 *Calamostachys longifolia*
3. *Walehia piniformis*

Fig. I — Développement du talu de la Route de Fr

Echelle: 1/



015° N

Fig. 2 — Coupe des Maures suivant une ligne 015° N E15° S passant au T

Echelle: long

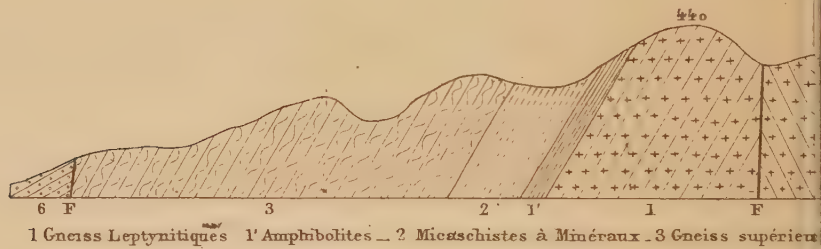
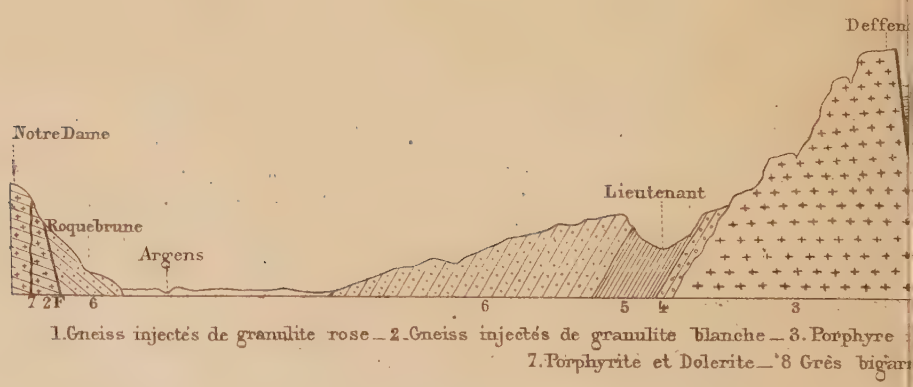


Fig. 3 — Coupe de la Vallée de l'Arg

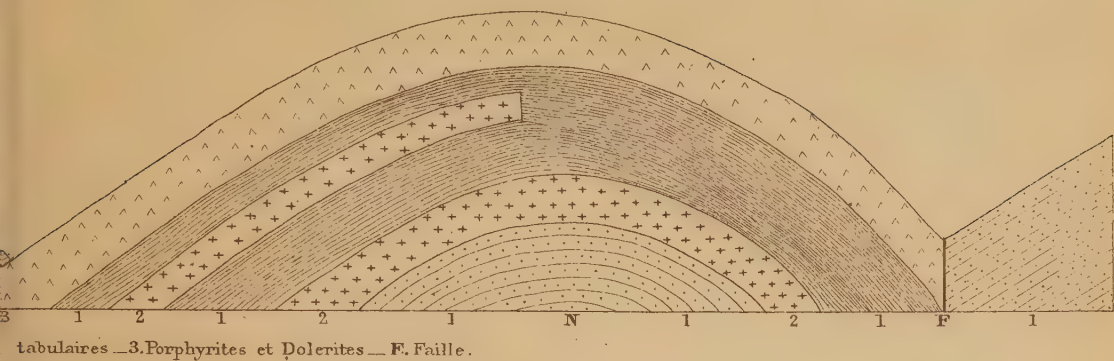
Echelle: long =



à Bagnols au pied du pic de la Gardiette

NO

9.600 hauteur = 8.000

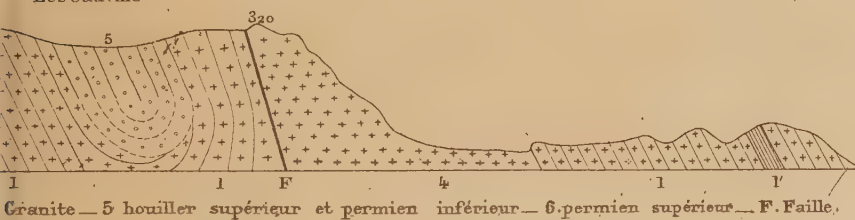


E 15° S

de la Garde Frenet au sud de Plan de la Tour et au Nord de St Maxime

hauteur = 20.000

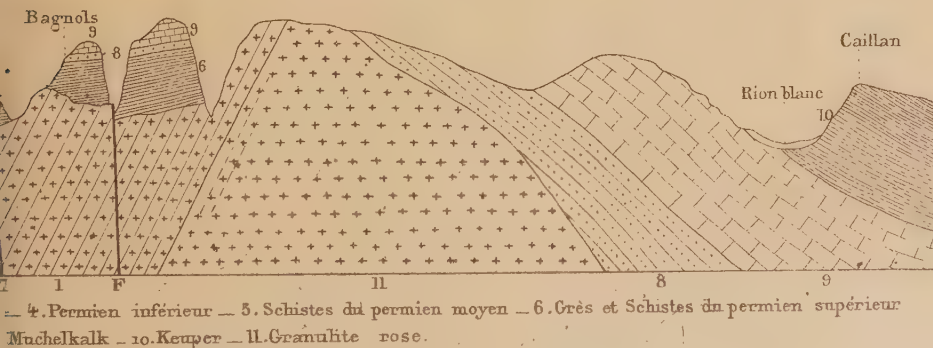
Les Cauvins



et de la Montagne de l'Esterel

N

hauteur = 10.000



CARTE GÉOLOGIQUE DES MAURES ET DE L'ESTEREL

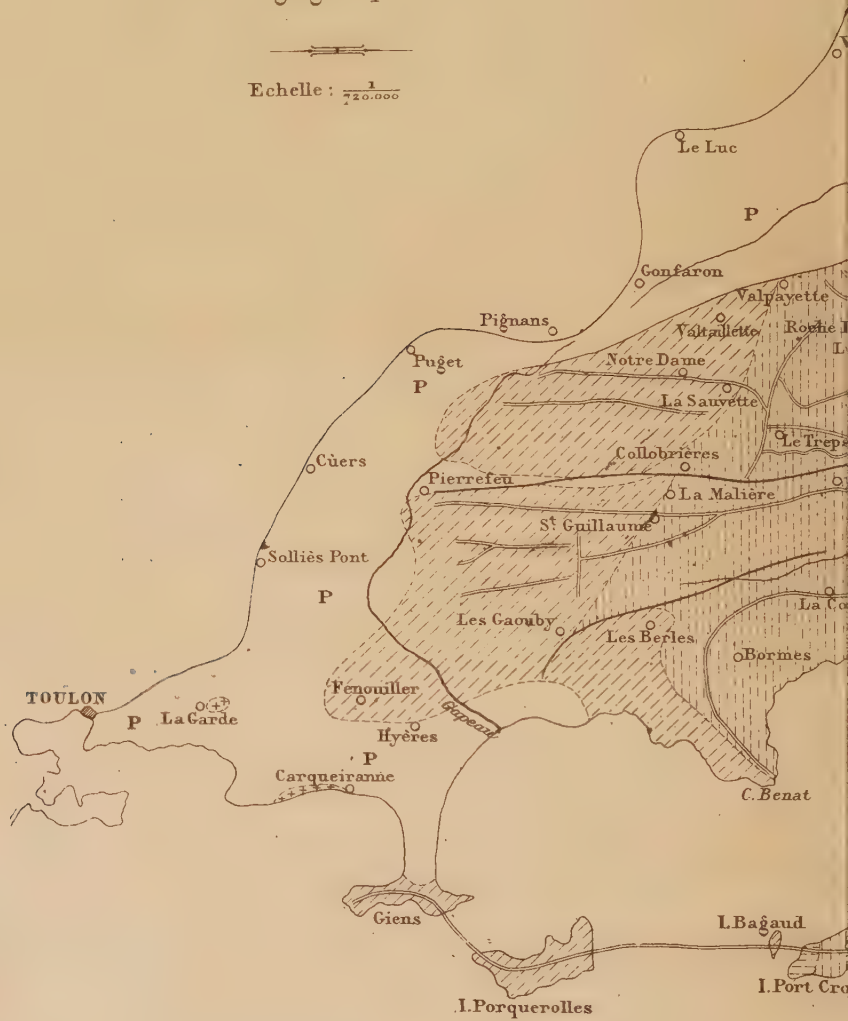
Cartes Consultées

Feuille d'Antibes par M^r Potier

Feuille de Toulon par M^r Bertrand

Feuille de Draguignân par M^r Zürcher

Echelle : $\frac{1}{250.000}$





Légende.

	<i>Gneiss Granitoïde</i>
	<i>Gneiss Leptynitiques.</i>
	<i>Micaschistes, Gneiss, Amphibolites</i>
	<i>Phyllades</i>
H	<i>Houiller</i>
P	<i>Permien</i>
T	<i>Trias</i>
	<i>Roches éruptives</i>
	<i>Lignes de faîte</i>

